



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**HUMİK ASİT VE MİKROBİYAL GÜBRE UYGULAMALARININ  
TOPRAKTAKİ ALINABİLİR ELEMENTLER VE ENZİMLER  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Furkan ETEM**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**HUMİK ASİT VE MİKROBİYAL GÜBRE UYGULAMALARININ  
TOPRAKTAKİ ALINABİLİR ELEMENTLER VE ENZİMLER  
ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN ETEM

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FBA-2020-3429

ÇANAKKALE – 2022



T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Furkan ETEM tarafından Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN yönetiminde hazırlanan ve **09/05/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Humik Asit ve Mikrobiyal Gübre Uygulamalarının Topraktaki Alınabilir Elementler ve Enzimler Üzerine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

(Danışman)

Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK

Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER

**İmza**

.....

.....

.....

Tez No : .....

Tez Savunma Tarihi : 09/05/2022

.....  
YENER PAZARCIK

Enstitü Müdürü

..... /...../2022

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Furkan ETEM

09/05/2022

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN'e ve Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÇIKILI ve Prof. Dr. Yasemin KAVDIR başta olmak üzere tüm bölüm hocalarıma, tarla bitkileri bölümünden Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI hocama, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, Arş. Gör. Taha ETEM, Dr. Öğr. Üyesi Kenan ERDOĞAN, Hüseyin Can KANTAR, Nurgül UZUNBOY, Melek ÇETİN'e, kıymetli dost ve yakınlarım İrfan ÖNER, Lale ÖNER, Sine YALÇINKAYA, Beyza MUKAN, Fatma DERMİRCAN, Nuray BOZKIR, Burcu KEL, Simge AKKURT, Hüseyin KESKİN, Nurullah GÖÇMEN, Tolunay ÖRSEVUR, Levent ÖZKAN, Ahmet AKSOY, Oğuzhan ALOĞLU, Sena Berna SARIEL, Ahmet COŞKUN, Filiz EROL, Fatih ERDEM, Mertcan BOĞA, Latif YİĞİT'e ayrıca destekleri için patronum ve mesai arkadaşlarım Nurper MORTAŞ, Faruk MORTAŞ, Kamil KARATAŞ, Hanife ÖZLER ARPAGUŞ, Özlem ALEMDAR, İremnur KÖYLÜ'ye ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "FBA-2020-3429" numaralı proje ile desteklenmiştir. Değerli katkılarından dolayı ilgili birime teşekkür ederim.

Furkan ETEM

09/05/2022

## ÖZET

# HUMİK ASİT VE MİKROBİYAL GÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAKTAKİ ALINABİLİR ELEMENTLER VE ENZİMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Furkan ETEM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Yeterlik Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

09/05/2022, 80

Bu tez çalışmasında; son yıllarda adı sık duyulan Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (PGPB)'den iki ticari (A, B) ve bir yerli izolat karışımı (C) olmak üzere üç mikrobiyal gübre, bir yerli humik asitle (TKİ-Humas) birlikte ve tek başlarına topraklara uygulanmıştır. Bu topraklardan kontrollü inkübasyon şartlarında üç farklı dönemde (60., 90. ve 120. günler) örnekler alınarak; toprakta ekstrakte edilebilir elementlerden Sodyum (Na), Potasyum (K), Fosfor (P), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Bor (B), Molibden (Mo), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) ve Krom (Cr) analizleri; Toprak enzimlerinden Üreaz (Ürz), Katalaz (Kat), Dehidrogenaz (Dhg), Alkali fosfataz (Aft) ve Beta-Glikozidaz (B-Gli) enzim aktiviteleri ile topraklarda solunum (CO<sub>2</sub>), Mikroorganizma Sayıları (MOS), Amonyum (NH<sub>4</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>) ve toprakların suya dayanıklı agregat stabilitesi analizleri yapılmıştır. Tüm bu analiz sonuçlarının Humik Asit (HA) ve Mikrobiyal Gübre Uygulamaları (MGU)'na bağımlı değişimleri örnekleme dönemleri bazında istatistiksel olarak incelenmiştir. Elde edilen 60. gün verilerine göre tek başına HA uygulamasının katalaz, B-Gli, NH<sub>4</sub>, K, Na, B, Cu, Zn ve Ni özelliklerine etkisi önemsiz olmuştur. Bu dönemde MGU ele alındığında B dışında incelenen tüm özelliklerin değişimi önemli derecede değişmiştir. HA x MGU interaksyonu dikkate alındığında ise yine B dışındaki tüm özelliklerin değişimi önemli derecede olmuştur (P<0,05). İkinci dönemde (90. gün) tek başına HA uygulaması dikkate alındığında K, B, Cu ve Na özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuştur. Bu dönemde MGU tek başına ele alındığında Aft ve B özelliklerindeki değişimler yine önemsiz olmuştur. Bu dönemde

HA x MGU interaksyonu bakımından katalaz, Na ve Ni özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuştur. Bu dönemdeki diğer tüm özelliklerdeki değişimler istatistiksel olarak önemli seviyelerde olmuştur ( $P<0,05$ ). Üçüncü örnekleme döneminde (120. gün) ise HA uygulamasına göre CO<sub>2</sub>, Aft, B-Gli, P, Ni ve Pb özelliklerindeki değişimler önemsizken; diğer özellikler önemli seviyelerde değişmiştir. Bu dönemde MGU göre tüm özelliklerde önemli seviyelerde değişmiştir. Bu dönemin HA x MGU interaksyonu dikkate alındığında yalnızca Pb özelliğindeki değişimler önemsiz seviyede olmuş incelenen diğer tüm özellikler önemli seviyelerde değişmiştir ( $P<0,05$ ). Tüm sonuçlar birlikte ele alındığında; her üç örnekleme döneminde de HA ve MGU'nın tek başlarına veya interaksyonlarının incelenen toprak özellikleri üzerine etkileri farklı seviyelerde görülmekte ve bu etkiler olumlu/olumsuz yönde olabilmektedir. Dolayısıyla özellikle ağır metal kirliliği riski olan topraklarda bu tür uygulamalarda daha dikkatli olunmalı, topraklardaki alınabilir miktarları kontrol edilerek artırılmamalıdır. Ancak bu tür uygulamalar; bitki besin elementlerindeki artışlar, toprak kalite özellikleri üzerindeki olumlu etkiler ve toprak biyolojik özelliklerindeki iyileşmeler bakımından da teşvik edilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** PGPB gübreler, Humik asit, Alınabilir elementler, Toprak enzimleri, Toprak kalitesi



## ABSTRACT

### EFFECTS OF HUMIC ACID AND MICROBIAL FERTILIZER APPLICATIONS ON SOIL EXTRACTABLE ELEMENTS AND SOIL ENZYMES

Furkan ETEM

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

09/05/2022, 80

In this thesis study, three microbial fertilizers, two commercial (A, B) and a native isolate mixture (C) from plant growth promoting bacteria (PGPB), which were popular in recent years, were applied to the soil alone or together with humic acid (TKI-Humas). Samples were taken from these soils in three different periods (60<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 120<sup>th</sup> days) under controlled incubation conditions; sodium (Na), potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn), boron extractable elements in the soil (B), molybdenum (Mo), nickel (Ni), cadmium (Cd), lead (Pb) and chromium (Cr) analyzes; urease (Ure), catalase, dehydrogenase (Dhg), alkaline phosphatase (A-phosp) and beta-glycosidase (B-gly) enzyme activities and respiration (CO<sub>2</sub>), microorganism counts (MC), ammonium (NH<sub>4</sub>) in soil enzymes. Nitrate (NO<sub>3</sub>) and water-resistant aggregate stability analyzes of the soils were performed. Variations of all these analysis results dependent on humic acid (HA) and microbial fertilizer applications (MFA) were statistically analyzed based on sampling periods. According to the 60<sup>th</sup> day data obtained, the effect of HA application on catalase, B-gly, NH<sub>4</sub>, K, Na, B, Cu, Zn and Ni properties was not statistically significant. In this period, when MFA was taken into consideration, significant changes were observed in all the examined features except B. Considering the HA x MFA interaction, the change in all features except B was significant (P<0.05). In the second period (90<sup>th</sup> day), the changes in K, B, Cu, and Na properties were not statistically significant when HA application alone was taken into account. In this period, the changes in A-phosp and B were not statistically significant when MFA was taken alone.

In this period, the changes in catalase, Na, and Ni properties were not statistically significant in terms of HA x MFA interactions. Changes in all other parameters during this period were statistically significant ( $P < 0.05$ ). In the third sampling period (120<sup>th</sup> day), the changes in CO<sub>2</sub>, A-phosp, B-gly, P, Ni and Pb properties were not statistically significant according to HA application; other features changed at significant levels. During this period, according to MFA, all characteristics changed at significant levels. Considering the HA x MFA interaction of this period, only the changes in Pb properties were not statistically significant, while all other properties examined changed significantly ( $P < 0.05$ ). When all the results are considered together; In all three sampling periods, the effects of HA and MFA alone or their interactions on the investigated soil properties are seen at different levels and these effects can be positive/negative. Therefore, more care should be taken in such applications, especially in soils with heavy metal pollution risk, and their available amounts should not be allowed to increase. However, in such applications; should also be encouraged in terms of increases in plant nutrients, positive effects on soil quality characteristics, and improvements in soil biological properties.

**Keywords:** PGPB Fertilizer, Humic Acid, Available Nutrients, Soil Enzymes, Soil Quality

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### GİRİŞ

1

### İKİNCİ BÖLÜM

#### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

2.1. Humik Asit Uygulamalarına İlişkin Önceki Çalışmalar.....	4
2.2. Mikrobiyal Gübre Uygulamalarına İlişkin Önceki Çalışmalar.....	10
2.3. Humik Asit ile Gübre Uygulamaların Birlikte Yapıldığı Çalışmalar.....	13

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### MATERYAL VE YÖNTEM

15

3.1. Deneme Materyalleri.....	15
3.1.1. Deneme Toprağının Temel Özellikleri	15
3.1.2. Humik Asit (TKİ-Humas).....	16
3.1.3. Ticari Mikrobiyal Gübre (HADROPOLY= A) .....	16

3.1.4.	Ticari Mikrobiyal Gübre (BACTOBOOST= B) .....	16
3.1.5.	Yerli Mikrobiyal Gübre (R-1 Kodlu Mikrobiyal Gübre =C) .....	17
3.2.	Denemenin Kurulumu ve Kullanılan Analiz Yöntemleri .....	18
3.2.1.	Toprakta Mezofil Aerobik Mikroorganizma Sayısmı .....	19
3.2.2.	Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Tayini.....	20
3.2.3.	$\beta$ -Glikozidaz Enzim Aktivitesi Tayini.....	20
3.2.4.	Üreaz Enzim Aktivitesi Tayini .....	21
3.2.5.	Katalaz Enzim Aktivitesi Tayini .....	21
3.2.6.	Mikrobiyal Solunum (CO <sub>2</sub> ) Analizi .....	22
3.2.7.	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Analizi .....	23
3.2.8.	Agregat Stabilitesi Analizi .....	23
3.2.9.	Toprakta pH ve EC Analizleri .....	24
3.2.10.	Toprak Organik Maddesi Analizi .....	24
3.2.11.	Toprakta Kireç Analizi .....	24
3.2.12.	Toprakta P, Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni, Cd, Pb ve Cr Analizleri .....	25
3.2.13.	Toprakta NH <sub>4</sub> ve NO <sub>3</sub> Analizleri .....	25
3.3.	Verilerin İstatistiksel Analizi .....	25
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM</b>		
<b>ARAŞTIRMA BULGULARI</b>		26
4.1.	Uygulamaların Toprak Biyolojik Özellikleri, Enzim Aktiviteleri ve Agregat Stabilitesi Özelliklerine Etkileri .....	26
4.2.	Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamalarının AB-DTPA Çözeltisiyle Ekstrakte Edilebilir Makro-Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkileri.....	41
4.3.	Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamalarının AB-DTPA Çözeltisiyle Ekstrakte Edilebilir Ağır Metaller Üzerine Etkileri .....	52

4.4.	Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamalarının Mevcut Kimyasal Gübrelere Göre Ekonomik Analizi .....	58
	<b>BEŞİNCİ BÖLÜM</b>	
	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	60
	<b>KAYNAKÇA .....</b>	63
	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	I



## SİMGELER VE KISALTMALAR

PGPB	Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakteriler
HA	Humik Asit (Humic Acid)
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
MGU	Mikrobiyal Gübre Uygulaması
P	Fosfor
K	Potasyum
Mg	Mağnezyum
Fe	Demir
Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Ni	Nikel
Cr	Krom
Na	Sodyum
B	Bor
Mo	Molibden
Ürz	Üreaz
Dhg	Dehidrogenaz
Aft	Alkali Fosfataz
β-Gli	Beta-Glikosidaz
NH <sub>4</sub>	Amonyum
NO <sub>3</sub>	Nitrat
MOS	Mikro Organizma Sayısı
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
%	Yüzde
mg	Milligram
kg	Kilogram
µg	Mikrogram

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Deneme toprağı temel özellikleri .....	15
<b>Tablo 2</b>	Deneme planı .....	19
<b>Tablo 3</b>	İncelenen toprak özelliklerinin istatistiksel önemlilik durumu özet tablosu .....	26
<b>Tablo 4</b>	Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki toprak biyolojik özellikleri, enzim aktiviteleri ve agregat stabilitesi VA tablosu .....	28
<b>Tablo 5</b>	Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki toprak biyolojik özellikleri, enzim aktiviteleri ve agregat stabilitesi özelliklerine etkileri .....	29
<b>Tablo 6</b>	Humik asit ve mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözültüsüyle ekstrakte edilebilir makro- mikro besin elementlerine ait VA tablosu .....	43
<b>Tablo 7</b>	Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözültüsüyle ekstrakte edilebilir makro-mikro besin elementleri üzerine etkileri .....	45
<b>Tablo 8</b>	Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki topraktan AB-DTPA çözültüsüyle ekstrakte edilebilir ağır metaller üzerine etkileri VA tablosu .....	52
<b>Tablo 9</b>	Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözültüsüyle ekstrakte edilebilir ağır metaller üzerine etkileri.....	55
<b>Tablo 10</b>	Piyasadaki bazı kimyasal ve mikrobiyal gübrelerin içerik ve fiyat karşılaştırmaları .....	58

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Fizyolojik tuzlu su ve besiyeri hazırlığından bir görünüm .....	19
Şekil 2	Mikrobiyal ekim sonrası inkübatöre yerleştirilen petri kaplarının görünümü .....	20
Şekil 3	Üreaz enzimi ve standart seri okumalarından bir görünüm .....	21
Şekil 4	Katalaz enzim analizi için kalsimetre şişelerine toprak tartımlarından bir görünüm .....	22
Şekil 5	Alkali tuzak tekniği ile mikrobiyal solunum analizinden bir görünüm .....	22
Şekil 6	Dehidrogenaz enziminde okunmaya hazır numunelerden bir görünüm .....	23
Şekil 7	Suya dayanıklı agregat stabilitesi analiz cihazı görünümü .....	24
Şekil 8	Humik asit uygulamasına göre katalaz enzim aktivitesi değişimleri .....	33
Şekil 9	Mikrobiyal gübre uygulamalarına göre katalaz enzim aktivitesi değişimleri .....	33
Şekil 10	Alınabilir Na değerlerinin mikrobiyal gübre uygulamalarına göre değişimleri .....	42
Şekil 11	Bor elementinin 60. gün humik asit uygulamasına göre değişimi .....	44
Şekil 12	Mikrobiyal uygulamaların topraktan alınabilir bor seviyelerine etkileri .....	44
Şekil 13	Humik asit uygulamasına göre alınabilir nikel elementinin 90. gündeki değişimi .....	53
Şekil 14	Mikrobiyal uygulamalara göre alınabilir nikel elementinin 90. gündeki değişimleri .....	53
Şekil 15	Mikroorganizma uygulamalarının alınabilir kurşuna 120. gündeki etkisi .....	54



## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir tarımın önemi anlaşıldıkça yaşanan sorunları gidermek ve ürün verimini sürdürülebilir şekilde olabildiğince arttırmak amacıyla çevre dostu ürünlerle bitki büyümesini teşvik edici çeşitli uygulamalar yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakteriler (PGPB), Olanrewaju vd. (2017) bakteri uygulamaları ve Humik Asit (HA) uygulamaları giderek yaygınlaşan ve biyolojik açıdan doğal aktif maddelerin kullanıldığı yöntemler (Ekin, 2019) arasında en etkili olanlardır. Biyolojik gübreler yani mikrobiyal gübreler tarafından “Tohumun kendisine, toprak veya bitki üzerine uygulandığı zaman rizosferde kolonize olan veya bitki hücrelerine iletilen atmosferik azotu fikse eden, toprak fosforunu ve diğer bitki için gerekli besin elementlerini alan ve bitkiye ileterek bitki gelişimini arttıran saf, canlı yada karışık mikroorganizma karışımıdır” şeklinde tanımlanmıştır (Torun, 2015). Mikrobiyal gübreler 23 Şubat 2018 tarih ve 30341 Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik” kapsamında ise şu şekilde tanımlanır; “Bitki gelişimi için gerekli maddelerin sağlanmasında, bitki besin maddelerinin yarıyışlılığının artırılmasında ve/veya toprağın düzeltilmesinde rol oynayan canlı mikroorganizmaları içeren ürünler” (Anonim, 2018).

Mikrobiyal uygulamalar son zamanlarda endofitik kök bakterileri şeklindeki uygulamalarla, bitki patojenleri için toksik olan biyopestisitlerin formülasyonu, antibiyotikler ve hidrojen siyanür gibi metabolit bileşiklerinin salgılanmasında kullanıldığı ve çevre dostu tarımın geliştirilmesinde kimyasal gübrelere ve pestisitlere en iyi alternatif olarak bitki büyümesini teşvik etme ve patojenlerin kontrolünü sağlamada organik veya mikrobiyal bazlı ürünlerin sentezini içeren modern tarım teknikleri kullanılarak tarımsal verimliliğin artırılacağı, sürdürülebilir bir şekilde tarımın geliştirilbileceği belirtilmektedir (Adeleke ve Babalola, 2021).

Ancak bu tür mikrobiyal ürünlerin etkinliğinin büyük ölçüde yerel suşların kullanımına, kaplama malzemelerinin ve koruyucuların iyi geliştirilmiş olmasına, bakterileri uyarıcı ve zenginleştirici bileşiklerin geliştirilmesine bağlı olduğu; bitki rizosferindeki bazı bakterilerle inorganik ve organik maddelerin bitki için faydalı olduğu; mikroorganizmaların

fosfat çözme yetenekleri ve bitki için teşvik edici farklı maddeler üretmeleri nedeniyle element alımlarını artırabildikleri belirtilmektedir (Çakmakçı, 2014; Çakmakçı, 2019). Ayrıca fosfat çözen *Bacillus* türü bakterilerin uygulandığı bitkiler üzerindeki etkileri incelenen çeşitli çalışmalarda; bakterili uygulamaların fosfor (P), Potasyum (K), Mg, Fe ve alüminyum iletiminin artarak bitki gelişimi üzerinde olumlu etkileri görüldüğü ifade edilmiştir (Çakmakçı, 2005; Çakmakçı ve Erdoğan, 2005).

Bitkisel üretimde üç önemli grubun (kimyasal gübre, organik madde ve mikroorganizma) tek bir formülde birleştirilmesiyle yeni teknolojik “biyo-organo-kimyasal” gübrelerin geliştirilmesi yani kimyasalların organik madde ve mikroorganizmalarla zenginleştirilmesi, tarımın gelecekte daha sürdürülebilir ve daha ekonomik yapılabilmesi için büyük umut verici bir yöntem olacağı belirtilmektedir (Goenadi vd., 2018; Fatimah vd., 2021).

Humik asit suda güç çözünebilir elementler ve Kalsiyum (Ca), Demir (Fe), Magnezyum (Mg) gibi yüksek değerlikli iyonlar ile bileşikler oluşturur. Önemli bileşenleri humik ve fulvik asitler olan leonardit (ham linyit)’ten alkali ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen humik-fulvik asit bileşikleri toprağın ıslahı ve veriminin devamı için önemli organik materyallerdendir (Stevenson, 1994; Piccolo ve Mbagwu, 1994; Piccolo vd., 1997; Schulten ve Schnitzer, 1998). Bir çok araştırmacı humik asiti bitki gelişimi üzerinde olumlu etki yarattığını, düşük oranda uygulandığında da gelişimi olumlu etkilediğini; ancak çok miktarda uygulandığında olumsuz ya da nötr sonuçlar elde edildiğini (Chen ve Aviad, 1990; Padem ve Öcal, 1999; Çimrin vd., 2011) belirtmişlerdir. Caseneva deSanfilippo vd. (1990), humik asitin bitkilerde hücre zarı geçirgenliğini artırdığını ve besin maddesi alımına yardımcı olduğunu tespit etmişler, Valdrighi vd. (1996) ise humik asitin yapısındaki hormon ve benzeri maddeler dolayısıyla bitki gelişimine pozitif etki yaptığını belirtmişlerdir. Yonebayashi vd. (1994), humik maddelerin şelatlama etkisinin yüksek toprak pH değerlerinde daha belirgin olduğunu ve bu etki yardımıyla toprakta bulunan ağır metallerin alınamaz formlara dönüştüğünü ve humik maddelerin alınabilir metal adsorbasyonlarının daha kolay olarak Bakır (Cu) > Fe > Çinko (Zn) > Mangan (Mn) şeklinde tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Türkmen ve Sungur (2014), artan humik asit dozlarının toprakta alınabilir mikroelement ekstraksiyonlarında artışlara neden olduğunu ve HA uygulamalarının doz ve

örnekleme zamanına göre değişmekle beraber Fe, Cu, Zn ve Mn ekstraksiyonlarında kontrole göre farklılıklar sergilediğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada öncekilerden farklı olarak; son zamanlarda tarımda kullanım alanı ve çeşitleri giderek artan mikrobiyal gübrelerden ülkemizde de satışı olan iki adet ticari markalı mikrobiyal gübre (T-1 ve T-2) ve tescili olmayan yerli bir mikrobiyal gübre (R-1) ayrı ayrı ve birlikte karışık kültür olarak topraklara uygulanmıştır. Bu mikrobiyal gübre uygulamaları aynı deneme düzeninde yine son 20 yıldır kullanımı giderek artmakta olan bir ticari humik asitin (TKİ-HUMAS) önerilen dozu eşliğinde kontrollü inkübasyon şartlarında denenmiştir. Elde edilen verilerle toprakta kirlilik yapabilecek ağır metallere Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Nikel (Ni) ve Krom (Cr) elementlerinin toksisite etkisini azaltmada, bitki gelişimi için önem arz eden makro-mikro besin elementlerinin ((P, Ca, Mg, Sodyum (Na), K, Fe, Cu, Zn, Mn, Bor (B), Molibden (Mo)) toprakta alınabilir miktarlarını artırmada olumlu sonuçlar alınıp alınamayacağı konuları incelenmiştir. Ayrıca uygulamaların toprakta enzim aktivitelerine (ürz, kat, dhg, aft ve β-gli) agregat stabilitesine (agregat stabilitesi) ve azot bilançosunda önemli kriterler olan Amonyum (NH<sub>4</sub>) ve Nitrat (NO<sub>3</sub>) değerlerine etkileri incelenmiştir.

Çalışmamızın mikroorganizma ve HA uygulamalarının birlikte bitkilerde verim ve kaliteleri üzerine çok sayıda araştırmaya rastlanırken, bitki yetiştirilmeden topraktaki element içerikleri, enzimler ve suya dayanıklı agregat miktarlarına etkilerinin birlikte incelendiği ender çalışmalardan olduğu düşünölmektedir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprağı sürekli ve sürdürülebilir şekilde verimli ve kaliteli tutabilmek için uygulanan tarımsal yöntemler “Organik Tarım, Doğal Tarım, Ekolojik Tarım, İyi Tarım, Permakültür” gibi terimlerle anılmakta ve genel olarak ahır/çiftlik gübresi gibi doğal/organik gübre temelli uygulamalara dayanmaktadır. Son zamanlarda humik/fulvik asitler, humin maddeler, Vermikompost uygulamaları ve mikrobiyal gübre/preparat uygulamaları da bu kategoriye eklenmiştir. Bu tür materyallerin kullanıldığı çalışmalarda; toprak verimliliği, toprak kirliliği, enzim aktiviteleri ve toprak kalitesi boyutlarıyla çeşitli çalışmalara rastlanmıştır, ancak bu tez çalışmamızdaki gibi incelenen özelliklere HA ve MGU nun birlikte etkilerinin zamana göre değişimlerinin incelendiği başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla yapılan bu çalışmanın alana yeni katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Konu ile ilgili olduğu düşünülen önceden yapılmış bazı çalışmalar aşağıda birkaç konu başlığı altında sunulmuştur.

#### 2.1. Humik Asit Uygulamalarına İlişkin Önceki Çalışmalar

Chen ve Aviad (1990), humik asitin uygulamalarının bitki kök gelişimini ve kök geçirgenliğini artırarak toprakta yeterli mineral madde olduğu durumlarda çoğu bitki türü üzerinde olumlu gelişimler sağladığını ve böylece bitki gelişiminin doğrudan etkilendiği bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda HA uygulamalarının bitkilerde Fe klorozunu önleyebildiğini, HA uygulamalarının topraktan ziyade yapraktan uygulamalarının daha ekonomik olabileceğini bildirmişlerdir.

Senesi vd. (1990), bezelye üzerinde yaptıkları çalışmada humik asitin etkisini incelemişler; bezelye bitkisinin bitki besin maddesi alımı ve tohum çimlenmesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu tespit etmişlerdir.

Sözüdoğru vd. (1996), Su kültüründe fasülye yetiştirdikleri çalışmada, iki farklı humik asiti farklı dozlarda uygulamışlar ve uyguladıkları HA-I yapraktaki beş farklı besin maddesinin artışını sağladığını tespit ederken HA-II nin sadece iki farklı element artışını

etkileyebildiğini göstermişlerdir. Humik asit uygulamalarının yanı sıra kullanılan humik asit türünde önemli bir parametre olduğu bu çalışma yardımıyla göstermişlerdir.

Valdrighi vd., (1996)'nın yaptıkları çalışmada hindiba bitkisi üzerinde humik asit uygulamasının etkisi incelenmiş ve çalışma sonucunda hindiba bitkisi hücre zarında besin elementi geçirgenliğinin arttığı ve bitkiye olumlu etkileri olduğu savunulmuştur.

Sheng ve Zhao (1997), bozulmuş meralarda yaptıkları denemelerinde humik asit ve fulvik asit uygulamalarının toprak üzerindeki bitki miktarını bariz bir şekilde arttırdığını ve toprağın bitki örtüsü kalitesinin bu uygulamalar sonucunda yükseldiğini göstermişlerdir.

Adani vd. (1998), İtalya'da domatese humik asit uyguladıklarında bitkide bulunan Fe iyonları miktarında artışlar meydana getirdiğini, bu yolla bitki gelişiminin arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca yaptıkları ölçümlere göre kuru kök ağırlıklarında kontrol grubuna göre humik asit uygulanan grubun %22 daha ağır olduğunu tespit etmişlerdir.

Padem vd. (1999)'nin patlıcan ve biber fideleri üzerinde farklı dozlarda humik asiti hem yapraklardan hem de sulama sularından uyguladıkları çalışmada; besin elementleri, fide boyu, yaprak sayısı, fide ağırlığı gibi parametreleri incelemişler ve uygulanan humik asit dozu arttırıldıkça bitki boylarında önemli düzeyde artışlar meydana geldiğini ve faydalı besin elementlerinin miktarlarında artışlar meydana geldiği bildirilmiştir.

Günaydın (1999)'ın yaptığı çalışmada farklı dozlardaki humik asit konsantrasyonları toprak ve yapraklardan domates ve mısır bitkilerine uygulanmıştır. Araştırmacı topraktan HA uygulamanın birçok faydalı elementin bitkilere alınımında katkı sunduğunu, ancak bitki kuru madde miktarı bakımından topraktan uygulamaların etkisinin önemsiz olduğunu, yapraklardan uygulamaların ise bitki kuru maddelerinde önemli düzeyde artışlar sağlandığını bildirmiştir.

Pılanalı ve Kaplan (2000), humik asitin farklı doz ve formlarının çilek bitkisi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında bitki besin elementlerinden Fe, N, K, P, Mn, Ca, Cu, Mg ve Zn'nun değişimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada HA uygulamalarının bitki yapraklarındaki çinko dışındaki elementler üzerinde anlamlı bir değişime neden olmadığı

belirtilmiş; uygulanan sıvı hümik asidin yaprakların çinko içeriği üzerinde önemli derecede azalma sağlandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar çilek bitkisine sıvı humik asit uygulamaları sonucunda bitki yapraklarındaki besin içeriklerinin; Mg: %0.47, P: %0.276, Ca: %1.27, N: %2.51, Fe: 43.63 mg kg<sup>-1</sup>, Zn: 7.66 mg kg<sup>-1</sup>, K: %1.73, Mn: 243.63 mg kg<sup>-1</sup> ve Cu: 3.99 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Kütük vd. (2000), toprağa farklı dozlarda (0, 100, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 ppm) HA uygulayarak yaptıkları 90 günlük inkübasyon çalışması neticesinde, humik asit uygulamalarının 30, 60 ve 90. günlerdeki etkisini incelemişlerdir. HA uygulamalarının 500 ppm den itibaren artan dozlarının toprakta pH değerini düşürdüğü ve toprakta bulunan alınabilir elementlerden Fe, Mn ve Zn miktarını da arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca 2000 ve 4000 ppm HA uygulamalarının suya dayanıklı agregatlarda kontrole göre önemli artışlar görüldüğünü bildirmişlerdir.

Erdal vd., (2000), yaptıkları sera çalışmasında kireçli bir toprakta dört doz P (0, 20, 40, 80 ppm) ve üç doz HA (0, 250, 500 ppm) uygulamalarının yetiştirilen mısır bitkisine etkilerini incelemişlerdir. Humik asit uygulamalarının bitki kuru ağırlıklarını, bitki bünyesindeki P içeriklerini ve toprakta kalan alınabilir P miktarlarını artırdığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca HA uygulamasını P ile birlikte yapıldığında tek başına HA uygulamasına göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Pılanalı ve Kaplan (2002), sera şartlarında yaptıkları çalışmalarında Douglas çilek çeşidine farklı formlarda ve farklı dozlarda (katı formda: 0, 10, 20, 30 ve 40 kg da<sup>-1</sup> ve sıvı formda: aylık bazda 0, 250, 500 ve 750 ml da<sup>-1</sup>) HA uygulamalarının etkilerini incelemişler ve uygulamaların meyve rengi üzerindeki etkilerinin (L ve a değerleri) önemsiz olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar topraktaki besin elementleri ve organik madde ile çilek renkleri arasında çeşitli korelasyonlar yapmışlar, Fe ve organik maddenin çilek renginde daha etkin olduklarını vurgulamışlardır. Araştırmacılar ayrıca uygulamalar arasındaki değişimler istatistiksel olarak önemsiz olsa da çilekte meyve rengi bakımından sıvı humik asit uygulamaları katı humik asit uygulamalarına göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Thi Lua ve Böhme (2001), yaptıkları su kültürü çalışmasında domateslere humik asit uygulamışlar ve domatesin tohumlarının çimlenmesinde, bitki kök ve sürgün uzunluklarında

ve bitkide yaprak ve meyvelerde farklı olmak kaydıyla K ve Ca elementlerinde artışlar gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu artışların ana materyalden elde edilen humatların formuna ve rizosfer havalanmasıyla da ilişkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Neri, vd. (2002), İtalya’da yaptıkları çalışmada fulvik ve humik asitleri karıştırarak hazırladıkları humuslu materyalleri püskürtme şeklinde uygulayarak çilek bitkisi yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar çileğin bitki gelişimi ve verimlerini kapsayacak şekilde elde ettikleri sonuçlara göre humik asit uygulanan gruplarda çileğin ticari olarak sunulabilirliği ve ürün miktarlarının bariz şekilde arttığını bildirilmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca HA uygulamaları yapıldıkça fotosentezi sağlayan pigmentlerin sayısında önemli ölçüde artışlar olduğunu, HA uygulanan meyvelerin daha güzel şekilli olarak yetiştiği, meyve şeker içeriklerinin de çok daha yüksek olduklarını bildirmişlerdir.

Amerikada, Arancon vd. (2003) çilek, domates, biber ve kadife çiçeği bitkileri üzerinde HA uygulamalarının etkilerini incelemeyi amaçladıkları su kültürü çalışması yapmışlar ve tüm bitkilerin kök kuru ağırlıklarında istatistiksel olarak %100'lere varan anlamlı artışların meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmada araştırmacılar ayrıca her bir bitkide yetişen meyve sayısında yükselişler olduğunu, fide toplam ağırlıklarında ve yaprak alanlarında istatistiksel olarak önemli bir düzeyde değişim olmadığını, HA uygulamaları ile bitki besin elementlerinin yarayışlılığının sağlandığını ve bitkilerin verimliliğinde yükselmeler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Karaman (2003), yaptığı çalışmada Tokat ilinde bulunan şeftali ağaçlarında demir klorozunu önlemek için bir demir şelat ve humik asit uygulamalarını incelemiştir. Araştırmacı HA uygulamalarının da şeftalide demir klorozunu önlemede etkili olduğunu ayrıca maliyeti yüksek olan demir şelat yerine ekonomik bir alternatif olarak HA'in sunulabileceğini önermiştir.

Padem vd. (2003), yaptıkları çalışmada diğer uygulamalardan farklı olarak kültür mantarı yetiştiriciliğinde %0,3 ve %0,6 HA uygulamalarının etkin olmadığını, aksine verim kaybına neden olduğunu ve bu kayıpların dozların artışıyla arttığını bildirmişlerdir.

Bozoğlu vd. (2004)'nın yaptıkları çalışmada potasyum humatın bezelye bitkisi üzerindeki olası etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar alışma sonucunda bezelyede tane adedi ve bitki başına bezelye oranında önemli artışlar olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmada Sprinter ve Utrillo eşitleri kullanılmış her iki çeşidin de farklı özellikleri üzerinde HA uygulamalarının etkilerinin görüldüğü buna göre seçim yapmanın etkili olabileceği savunulmuştur. Ayrıca bitki sıra aralıklarındaki artışın humik asit etkinliğini artırdığı bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Kolsarıcı vd. (2005), farklı ayçiçeği tohumlarına HA konsantrasyonlarının (0, 60, 120 ve 180 g 100 kg tohum<sup>-1</sup>) etkilerini inceledikleri çalışmada, ayçiçeği çeşitlerine göre humik asit miktarlarının etkilerinin farklı olduğunu, ekimden önce tohumların 60 g HA 100 kg<sup>-1</sup> tohum ile muamele edilmesinin ayçiçeğinde fide gelişimini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Fallahi vd. (2006), yaptıkları çalışmada elma bitkisi üzerinde farklı marka humik asit uygulamaları (%6 lık) ve azot uygulamasının (ağaç başına 60 g %46 reden) etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar tüm uygulamaların meyvede çözünebilir katı madde içeriklerini artırdığını, bitki yapraklarında Fe ve K gibi elementlerin miktarında artışlar olduğunu, ancak yaprakların Mn ve azot içeriklerinde düşüşler tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Ulukan (2008), yaptığı çalışmada farklı ekim zamanları olan buğdaylar üzerinde uygulanan humik asitin (2.5 kg ha<sup>-1</sup>) başak sayısı ve tane sayısında olumlu etkilerinin olduğunu belirlemiştir. Ayrıca buğdayların ekim zamanının da önemli bir değişken olduğu gözlemlemiştir.

Selçuk (2009)'nın yaptığı çalışmada mısır bitkisi üzerinde humik asit uygulamalarının (0, 20, 40 kg da<sup>-1</sup>) etkilerini incelenmiştir. Araştırmacının elde ettiği sonuçlara göre 20 kg da<sup>-1</sup> dozunda uygulanan humik asitin koan boyu, bitki boyu ve tane sayısı gibi parametrelerde en iyi bitki gelişiminin sağlandığı, ayrıca humik asit uygulanmasının tanelerdeki P, K, Mg ve Zn içeriklerini olumlu ve önemli lde artırdığı bildirilmiştir.



Akıncı vd. (2009), yaptıkları laboratuvar çalışmasında bakla bitkisi üzerinde humik asit ( $10 \text{ ml l}^{-1}$ ) uygulamasının etkilerini Hoagland çözeltisi eşliğinde incelemişlerdir. Yapılan uygulamanın bakla köklerindeki K ve Na elementlerini önemli ölçüde artırdığını, Fe ve Ca düzeylerini az miktarda artırdığını, Mn Zn ve Cu miktarlarını ise azalttığını bildirmişlerdir.

Mokhtarzadeh (2010), yaptığı çalışmada nohut bitkisi üzerinde humik asit uygulamalarının etkilerini incelemiştir. Araştırmacının yaptığı çalışmadan elde sonuçlar ışığında humik asitin nohut veriminde olumlu etkileri olduğunu bildirmiştir.

Gezgin vd. (2010), yaptıkları tarla denemesi çalışmasında Giraf türü şeker pancarı üzerinde humik asitin etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre NPK gübreleriyle birlikte uygulanan HA'in pancar yumru veriminde %17 oranında bir iyileşme sağladığı belirtilmiştir.

Zengin vd. (2010)'nın yaptıkları çalışmada tarla denemesinde humik asitin etkilerini de kapsayan bir verim çalışması yapılmıştır. Ispanak bitkisinin incelendiği çalışmada HA uygulamasıyla ıspanak yaprak uzunluğu, bitki kütlesi ve ıspanak verimi gibi parametrelerde olumlu değişimler gözlemlendiği, farklı kimyasal gübre çeşitleri ve humik asit birlikte uygulandığında ıspanakta en verimli sonuçların alındığı belirtilmiştir.

Çimrin (2011)'in arıtma çamuru ile humik asit uygulamalarının mısır bitkisinde ağır metal içerikleri, mısır gelişimi ve besin elementleri üzerine etkisini incelediği çalışmada; artan humik asit dozlarının alınabilir Mg, Ca, P ve toprak organik maddesi üzerine önemli etkileri olduğunu ancak diğer toprak özellikleri için önemli olmadığını saptamıştır.

Kaptan ve Aydın (2012)'in yaptıkları çalışmada pamuk bitkisi gelişimine humik asit uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Katı formadaki ve farklı dozlardaki katı HA kullanımıyla pamuk bitkisinde; bazı morfolojik bitki özelliklerinde, bitki verimlerinde ve kütü pamuk lif kalitelerinde olumlu gelişimler görüldüğü bildirilmiştir.

Yılmaz vd. (2012), çalışmalarında ıspanak bitkisi üzerinde farklı demir ve humik asit uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Farklı dozlarda uygulanan humik asit klorofil yapıları üzerinde çeşitli değişimler meydana getirdiği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada hem

kuru madde ve bitki verimi açısından hem de ekonomik olarak incelendiğinde  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  + 250 ppm hümik + fulvik asit içeren TKİ-Hümas uygulamasının FeEDDHA 'ya alternatif olarak tercih edilebileceği ifade edilmiştir.

Horuz vd. (2013), yaptıkları çalışmada marul bitkisi yetiştirilen kadmiyumca zengin bir toprağı tercih etmişlerdir. Bu uygulamada humik asitin yüksek dozlarda uygulanmasının bitkideki kadmiyum içeriğini azalttığını, yani ağır metal kirlenmelerinin bu yolla önlenebileceğini bildirmişlerdir.

Alak ve Müftüoğlu (2014), yaptıkları çalışmada mısır bitkisi kullanılarak sera koşullarında humik asit uygulamalarının alınabilir potasyum miktarına etkisini incelemek için farklı dozda humik asit uygulaması yaptıklarını ve sonuç olarak topraklara uygulanan humik asit miktarları arttıkça potasyumun alınabilirliğinin de arttığını gözlemlemişler ve bu artışların istatistiksel olarak anlamlı bulunmadıklarını bildirmişlerdir.

Anamur ve Türkmen (2019), Bayramiç Beyazı tüysüz beyaz şeftalisi üzerine yapılan çalışmalarında; humik asit uygulamalarıyla hasat sonrası bitki yapraklarında besin içeriklerinin etkilenebileceğini, toprakta ise farklı derinliklerde alınabilir elementler arasında farklar görüldüğünü ifade etmişlerdir. Ayrıca meyve derimi sonrası ağaç yapraklarında P, K, Ca, Fe, Zn, Mn, B, Üreaz ve Katalaz değişimlerinin önemli olduğunu; N, Mg ve Cu değişimlerinin ise önemsiz olduğunu ve incelenen meyve verim özelliklerinin tamamında uygulanan humik asitin herhangi bir etkisinin görülmediğini bildirmişlerdir.

## **2.2. Mikrobiyal Gübre Uygulamalarına İlişkin Önceki Çalışmalar**

Hoque ve Haq (1994), yaptıkları çalışmada Bangladeş'te mercimek verimi üzerinde Rhizobium bakterilerinin etkilerini incelemişler ve bakteri aşılması yapılan bitkilerin veriminde önemli artışları olduğunu ve en iyi kombinasyonun fosforlu gübrelere rhizobium uygulamasının belirli oranlarda karışımlarından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kantar vd. (1994)'nın yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde mercimek verimi için Rhizobium bakterileri ve fosforlu gübrelere etkilerini araştırılmış ve çalışmanın sonucunda

da Rhizobium bakterilerinin fosforlu gübre çeşitleriyle birlikte kombinasyonlu uygulamalarından en yüksek protein verimini elde ettiğini bildirmişlerdir.

Van Loon (1997), yaptığı mini review çalışmasında bakterilerin tohum ya da fide aşısı olarak uygulanmalarının bitkileri patolojik etkilere karşı koruduğunu savunmuştur. Yazar PGPR türlerinin özellikle topraktan kaynaklı bitki hastalıklarına karşı önemli ölçüde koruma sağladığını bildiren çalışmalardan örnekler bildirmiştir.

Çakmakçı vd. (1999), yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde şeker pancarı ve arpa bitkilerinde sera koşullarında *Bacillus polymixa* ve *Bacillus magatorium* bakterilerinin etkilerini incelemişler; şeker pancarı ve arpa veriminde uygulanan bakterilerin ikili uygulamalarının en çok etkili olduklarını ve sırasıyla %19 ve %26'ya varan oranlarda verim artışları gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Çakmakçı vd. (2001), yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde (*Bacillus*; BA-142, BA-140, M-13, M-3, M-58, *Pseudomonas* (BA-8), *Burkholderia* (BA-7) ) bakterilerinin arpa ve şeker pancarı verimleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İki yıl süren tarla denemesi süreci sonunda bakteri uygulamalarının her iki bitki verimine önemli düzeyde katkı sağladıklarını; verimde en etkili olarak BA-140 ve BA-142 bakterilerinin %16.6 kadar şeker pancarında kök verimi artışlarını tespit etmişlerdir.

Amir vd. (1999), yaptıkları çalışmada yağ palmiyesi fidanı üretiminde *Azospirillum* ve *Bacillus* bakterilerinin verim üzerine etkilerini incelemişler ve bakterilerin N alımını %30-40'lara kadar artırabildiğini başka bir deyişle biyolojik gübre olarak kullanılabilir olduklarını belirtmişlerdir.

Eşitken vd. (2003)'nin *Bacillus* OSU-142 bakterisiyle yaptıkları iki yıllık çalışmada kayısı ağaçlarına bakterileri yapraktan uygulamışlar ve uygulamayla yapraklarda Mg, Ca, K, P ve N besin elementleri yükselişler görüldüğü ve kayısı ağaçlarından alınabilecek potansiyel verimlerin de kontrole göre ilk yılda %30 ikinci yılda %90 lara varan yükselişler düzeyinde arttığını bildirmişlerdir.

Öztürk vd. (2003), yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde, *Azospirillum brasilense* Sp246 ve *Bacillus* OSU-142 bakterilerini farklı dozlarda uygulayarak arpa ve buğday verimi üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar Sp246 bakterisinin düşük azot ihtiyacı olan ürünlerde organik gübre potansiyeli olma özelliği taşıdığını ve arpanın buğdaya göre daha yüksek düzeyde verim artışı sağladığını belirtmişlerdir.

Orhan vd. (2006), yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde *Bacillus* OSU-142, M3 ve OSU-142 + M3 bakterilerini kullanarak *Heritage* türü ahududu üzerindeki verim artışlarını incelemişlerdir. Farklı parametrelerin incelendiği çalışmada OSU-142 ve M3 bakterileri birlikte kullanıldığında %75'e varan oranlarda verim artışının mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak araştırmacılar tarafından topraktaki besin elementleri incelendiğinde, bakteri uygulamalarının topraktaki birçok yararlı besin elementinde artışların sağlandığı belirlenmiştir.

Eşitken vd. (2006), Konya ilinde *Pseudomonas* BA-8, *Bacillus* OSU-142 ve BA-8 + OSU-142 bakterilerini kiraz bitkisinde deneyerek kirazda verim öğelerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar yapılan mikrobiyal uygulamaların kiraz bitkisi yapraklarının N, P, K, Fe, Zn ve Mn kapsamalarını artırdıklarını, *Pseudomonas* BA-8 ve *Bacillus* OSU-142 uygulamalarının tek başlarına veya kombinasyonları halinde verimi, bitki büyümesi ve beslenmesini artırma konusunda büyük bir potansiyele sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Sadak (2018), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında biber fidelerine PGPR bakterilerini uygulayarak kurak bir ortamda yetiştirilen biber fideleri üzerinde bakteri türlerinin sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu, kök uzunluğu özellikleri üzerinde değişimlere neden olmadıklarını; bakteri uygulamalarının diğer biberin gelişim özelliklerine (kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak sayıları, gövde çapı) pozitif etkilerinin olduğunu ve stres durumuna göre uygulanan bakteri çeşitlerinin etkilerinin farklı derecede değişimler gösterebileceğini ifade etmiştir.

Kadioğlu ve Canbolat (2019), yaptıkları çalışmada fosfor çözücü ve azot bağlayıcı bakterileri (*P. agglomerans*, *B. subtilis*, *P. putida*, *A. agilis*) mısır bitkisine, torf, pomza, perlit ve toprak ortamları ve bu materyallerin karışımlarından elde edilen ortamda mısır yetiştirilen saksılara uygulamışlardır. Araştırmacılar toprak miktarının fazla olduğu ortamlarda bitki

yapraklarında N, P, K içeriklerinin arttığını, pomza ortamında kuru kök ve gövde ağırlığının arttığını ve bakteri sayılarının azaldığını, torf ortamında ise bakteri sayısının arttığını ve *A. agilis* ve *P. aglomerans* bakteri suşlarının daha etkili olduklarını bildirmişlerdir.

Altınok ve Çiftçi (2019)'nin yaptıkları çalışmada PGPR uygulamalarıyla patlıcan yetiştiriciliğindeki kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers.) hastalığını önlemeyi amaçlamışlar ve bu kapsamda yaptıkları çalışmada uygulamaların kurşuni küf hastalığına karşı önemli derecede etkili olduğunu ve ayrıca uygulamaların bitkiyi farklı hastalıklardan da koruduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan PGPR'in ERÜ-BAP FBA1065 kodlu proje kapsamında karakterize edilen bakteriyel izolatlar arasından seçilen *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinden toplam yedi izolat olduğu bildirilmiştir.

### **2.3. Humik Asit ile Gübre Uygulamaların Birlikte Yapıldığı Çalışmalar**

Urdiales vd. (1998)'nin yaptıkları çalışmada kışlık buğday üzerine humik asit ve *Rhizobium* bakterileri uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar bu çalışma sonucunda *Rhizobium* bakteri uygulamalarının buğday sap ağırlığında % 34 oranında artış sağlayarak başarılı bulunduğunu bunun da azot asimilasyonundaki artışa, kök-rhizobacter ilişkisine ve bitki büyümesini teşvik edici maddelere bağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Bozkurt vd. (2000), yaptıkları çalışmada mısır bitkisi üzerinde humik asit etkisinin yanı sıra kentsel arıtma çamuru uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar arıtma çamurunun mısır bitkisi toprak üstü organlarında N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve Co içeriklerini istatistiksel olarak önemli düzeyde artırdıklarını, arıtma çamuru ile HA birlikte verilen topraklarda yetişen mısır bitkisinde bitkinin Co, Ni, Cr, Cd içeriklerinde azalma eğilimi görülmüş ve topraktan DTPA ile ekstrakte edilebilir elementlerden sadece Cu düzeyini azalttığını; ayrıca humik asit uygulamalarının arıtma çamurundan gelen ağır metallerin birikimini önemli ölçüde azalttığı belirtmiştir.

Kara (2011)'nin yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Van ilinde buğday verimi üzerinde farklı HA ve fosfor uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Çalışmada fosfor ve humik asitin farklı dozları karşılaştırılarak buğday bitkisinin verim ve verim parametreleri incelenmiştir. Sonuçta hümik asit ve fosfor dozlarının buğday verim ve verim öğelerinde

önemli artışlar sağladığı en yüksek tane veriminin, 171.2 kg/da ile 12 kg fosfor /da + 60 kg hümik asit/da uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir.

Erman vd. (2012), yaptıkları çalışmada mercimek bitkisinde humik asit ve rhizobium bakteri aşılması yapılarak bitkide tane verimi, nodül sayısı, dal sayısı gibi bir çok parametreler incelenmiş ve humik asit uygulamalarında da, bakteri uygulamalarında da verim parametrelerinde artışlar olduğunu gözlemlemişler ve bakteri aşılması yapılan parsellerde tane verimlerinin aşılama olmayan parsellere göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Özaktan (2017), yaptığı doktora çalışmasında fasulye bitkisine farklı dozlarda (0, 7.5, 15, 22.5 kg da<sup>-1</sup>) öğütülmüş fosfat kayası, 2 kg da<sup>-1</sup> hesabıyla HA ve fosfor çözücü *Bacillus pumilus* C26 bakterisi uyguladığı iki yıllık tarla denemesi çalışmasında; en yüksek bitki veriminin fosfat kayasının en yüksek dozu ile birlikte humik asit ve mikrobiyal gübrenin birlikte uygulandığı parsellerde olduğunu, ayrıca tüm uygulama sonuçlarının fasulye bitkisi verimine olumlu yönde etki ettiğini bildirmiştir. Araştırmacı organik ve konvansiyonel fasulye yetiştiriciliğinde dekara 22.5 kg fosfor ve HA uygulamasının yüksek verim alınması için uygun olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Ekin (2019), yaptığı çalışmada PGPR bakteri olarak *Bacillus megaterium* ve *Bacillus subtilis* mikroorganizmaları ile birlikte humik asit uygulamalarının patates bitkisinde kuru madde miktarı, nişasta, protein, yumru büyüklüğü ve mineral içerikleri gibi parametrelerin tamamında önemli artışlar tespit etmiş olup, PGPR bakteri ve 400 kg ha<sup>-1</sup> HA uygulamasının patates bitkisinde yumru veriminde %140 artış sağladığını, yalnız NPK uygulamasında ise %111 artış sağlandığını bildirmiştir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Deneme Materyalleri

Çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Ziraat Fakültesi Dardanos Yerleşkesi Araştırma ve Uygulama Merkezi topraklarında aşağıda açıklanan üç mikrobiyal gübrenin (A, B, C) humik asit (TKİ-HUMAS) eşliğinde ve humik asit uygulanmadan Tablo 1’de sunulan faktöriyel deneme düzeninde uygulaması yapılmış ve inkübatörde 27 °C’lik sıcaklıkta ve tarla kapasitesi nem düzeyinde 120 gün süreyle yürütülmüştür.

##### 3.1.1. Deneme Toprağının Temel Özellikleri

Deneme toprağı ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Yerleşkesi deneme alanından alınarak gölgede kurutulmuş, tahta tokmakla ufalanmış ve 2 mm’lik elekten elenerek analizlere ve uygulamalara hazır hale getirilmiştir. Bu topraklardan temsilen ayrılan bir kısmında temel toprak analizleri yapılarak belirlenen özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Deneme toprağı temel özellikleri

İNCELENEN ÖZELLİK	BİRİMİ	DEĞERİ	YÖNTEM
Organik Madde	(%)	1,81	Kromik asitle yaş yakma sonrası (Jackson, 1958)
pH	--	8,01	1:2.5 (Toprak:Su) karışımında pH Metreyle (Richards, 1954)
EC	(dS/m)	0,42	1:2.5 (Toprak:Su) karışımında EC Metreyle (Richards, 1954)
CaCO <sub>3</sub>	(%)	11,86	Kalsimetre yardımıyla (Allison ve Moodie, 1965).
Bünye	TIN	(%51 Kum, %35 Tın, %14 Kil)	Hidrometre yardımıyla (Bouyoucos, 1951)
Toplam N	(%)	0,07	Sülfirik asitle yaş yakma sonrası (Bremner, 1965)
Alınabilir P	(mg kg <sup>-1</sup> )	9,158	AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991)
Alınabilir K	(mg kg <sup>-1</sup> )	96,37	AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991)
Tarla Kapasitesi	(%)	22,00	Basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınçla (Klute, 1986)

### 3.1.2. Humik Asit (TKİ-Humas)

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Kütahya işletmesi üretimi olan ticari bir marka olup önceki çalışmalarımızda da kullandığımız bir üründür. Hububatgiller için dekara 2-6 litre uygulanması önerilmektedir. Çalışmamızda beş litre/dekar uygulama dozu uygulanmıştır. Çünkü bu ürünün piyasadaki beş litrelik bidon ambalajının bir dekara verilmesiyle ilgili öneriler ziraat mühendislerince yaygın olarak yapılmakta ve uygulanmaktadır. TKİ-Humas; leonardit kullanılarak üretilen humik asit ve fulvik asit içeren doğal organik toprak düzenleyicisi bir ürün olup garanti edilen içerik bilgisinde; Organik Madde %5, Toplam Humik Asit + Fulvik Asit %12, Suda Çözünür K<sub>2</sub>O %2 ve pH=11-13 olarak bildirilmiştir.

### 3.1.3. Ticari Mikrobiyal Gübre (HADROPOLY= A)

*Arthobacter* spp., *Azotobacter* spp. (*Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter chroococcum*), *Trichoderma viride*, *Penicillium bilaii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* bakteri suşlarından oluştuğu ifade edilen karışık kültür bir mikrobiyal gübredir. Etiket bilgilerinde kullanılacağı ürüne göre değişmekle birlikte dekara 250-1000 ml uygulanması önerilmektedir. Uygulama öncesi gerekli hacim alınarak 500 g şeker ile 10-15 litrelik su içinde karıştırılması ve 24 saat bekletilmesi ile mikroorganizmaların aktive edilmesi önerilmektedir. Işık geçirmeyen ambalajında yeni parti üretimi (2020) bir ürün ticari temsilcisinden getirtilerek denemelerde uygulanmıştır. Uygulama öncesi bu gübrenin bir ml'sinde en az 10<sup>7</sup> adet canlı hücrenin bulunup bulunmadığı dilusyonlar hazırlanarak yayma plak yöntemiyle Plate Count Agar (PCA) besiyerinde kontrol edilmiştir.

### 3.1.4. Ticari Mikrobiyal Gübre (BACTOBOOST= B)

*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* ve *Lactococcus* spp., izolatlarını içerdiği ifade edilmektedir. Etiket bilgilerinde gübre içerisinde ml'sinde en az 10<sup>6</sup> ml<sup>-1</sup> canlı mikroorganizma içerdiği garanti edilmektedir. Işık geçirmeyen ambalajında yeni parti üretimi (2020) bir ürün ticari temsilcisinden getirtilerek denemelerde uygulanmıştır.



Uygulama öncesi bu gübrenin bir ml'sinde  $10^6$  adet canlı hücrenin bulunup bulunmadığı dilusyonlar hazırlanarak yayma plak yöntemiyle PCA besiyerinde kontrol edilmiştir.

### 3.1.5. Yerli Mikrobiyal Gübre (R-1 Kodlu Mikrobiyal Gübre =C)

Bu araştırmada kullanılan biyolojik gübre formülasyonu sıvı taşıyıcıda geliştirilen çoklu özelliklere sahip *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida* izolatlarının eşit karışımından oluşan ve ticari tescili olmayan özel bir mikrobiyal gübredir. Yeni geliştirilen formülde kullanılan bu bakteriler, ülkemizdeki çeşitli kültür ve yabani bitkilerin kök rizosferinden izole edilen bitki gelişimini teşvik etme özelliğine sahip 2 bin bakteri izolatu içerisinde önceden yürütülen çalışmalarla dikkatle seçilmiştir. Seçilen izolatlar Çoruh vadisi ve Fırtına deresi kökenli, buğday, kekik ve ahududu rizosfer topraklarından izole edilerek saklanan Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'nın koleksiyonuna ait bakteriler olup kendilerinin izniyle kullanılmıştır (Çakmakçı vd., 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; Çakmakçı, 2019). Bakteri izolatları klasik sistemler ve moleküler sistemlerden Mikrobiyal Tanılama Sistemi (MIS) kullanılarak tanılanmış olup "ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu"nda muhafaza edilmektedir.

Çalışmada kullanılan bu dondurulmuş bakteri izolatları önce Nutrient Agar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilerek  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmış ve 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen bu taze kültürlerin her birisinden ayrı ayrı öze ile alınarak 250 ml'lik Nutrient Broth (NB) içeren besi ortamına aktarılmış, yatay çalkalayıcılı inkübatörde  $150\text{ rpm}$   $\text{dk}^{-1}$  da  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ayrı ayrı 24 saat geliştirilmiştir. Bu kültürlerin biyolog türbidimetre ile absorbansları ölçülmüş ve absorbansları steril su ile eşitlenmiştir (Çakmakçı vd., 2013). Fermentörde besi ortamı olarak yine NB besiyeri kullanılmıştır. Çalışma hacmi 10 litre olan fermentörde otoklav edilerek steril edilen NB besi ortamına, daha önce geliştirilen sıvı bakteri kültürlerinden eşit hacimlerde karıştırılarak oluşturulan bakteri kombinasyonlarından 1/100 oranında ilave edilmiştir. Bu formülasyonlar optimum koşullarda fermentörlerde 72 saat süre ile inkübasyona bırakılarak bakterilerin çoğalması sağlanmıştır (Çakmakçı vd., 2014). Sıvı besin ortamında çoğaltılan bu bakteriler önceden bakteri çoğaltma prosesine uygun olarak hazırlanmış bir tonluk biyoreaktöre (tamamen organik maddelerden oluşan ve buharla sterilizasyonu yapılan) aktarılmıştır. Bakteri biyoreaktörde taşıyıcı sıvıyla (su, çeşitli organik maddeler ve içeriğindeki bakteri izolatını

koruyucu ve homojenizasyonunu sağlayıcı çeşitli maddelerden oluşan sıvı) 1:10 oranında karıştırılarak aşılama yapılmıştır. Fermantörde üretilen bakteriler yine 1/100 oranında biyoreaktöre tam steril koşullarda transfer edilerek, 28 °C sıcaklık ve pH=7'de bir süre inkübasyona bırakılmıştır (Çakmakçı vd., 2017). Bakteri aşılması yapılan organik sıvı taşıyıcı biyoreaktörde yine en uygun gelişme koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. Mililitredeki canlı bakteri sayımları da yapılarak bakteri konsantrasyonunun  $1 \times 10^8$  hücre  $ml^{-1}$ 'yi geçtiği süre olan 48 saatin sonunda tamamen steril koşullarda paketlenme yapılarak sıcaklığı 5 °C olan soğuk odada muhafaza edilmiş ve kullanılmıştır.

### 3.2. Denemenin Kurulumu ve Kullanılan Analiz Yöntemleri

Deneme ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarında yürütülmüştür. Deneme dört mikrobiyal uygulamanın (K, A, B, C) iki hümik asit uygulanması ( $H^-$  ve  $H^+$ ) durumundaki değişimleri irdelemek için dört tekerrürlü ve tesadüf parseller deneme düzeninde kurulmuş ve üç farklı dönemde (60, 90 ve 120. günler) örneklenerek zamanla toprak özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu şekilde toplam:  $4 \times 2 \times 3 \times 4 = 96$  saksılık bir deneme oluşturulmuş ve deneme düzeni Tablo 2'de sunulmuştur. Mikrobiyal gübreler ve humik asit çalışma başlangıcında tarla kapasitesinin %60'ına kadar nemlendirilen topraklara homojen olarak uygulanmıştır. Denemede inkübasyon başlangıcından itibaren haftada bir nem değerleri kontrol edilerek toprak örneklerinin tarla kapasitesinde tutulmaları sağlanmıştır.

Deneme kurulumunda önceden 2 mm lik elekten geçirilen ve hava kuru nemleri bilinen topraklardan her bir uygulama için eşit miktarlarda tartımlar alınarak Ependorf tüplerine tartımlar alınmıştır. Bu ependorf tüplerindeki topraklara HA ve MGU materyalleri homojen olarak karıştırılmış ve kapakları açık vaziyette inkübatördeki litrelik kavanozlara yerleştirilmiştir. Kavanozlar yarıgeçirgen (hava geçiren ancak nem kaybını engelleyen) plastik bir örtüyle (Koroza marka) kapatılarak inkübatöre yerleştirilmiştir. İnkübatördeki ependorf tüplerinden rastgele seçilen ependorf tüplerinde toplam ağırlık tartımları üzerinden nem kayıpları takip edilmiş ve toprak örneklerinin tarla kapasitesinde kalmaları sağlanmıştır. İnkübasyonun 60. gününden itibaren her 30 günde bir olacak şekilde toplam üç örnekleme yapılarak aşağıda belirtilen toprak analizleri yapılmıştır.

Tablo 2

Deneme planı

Dönem	Humik Asit ve Mikroorganizma Uygulama Durumu							
	Humik Asit +				Humik Asit -			
60. Gün	B4	C3	A4	K1	A1	K3	B1	A2
	C4	A1	B1	A2	B3	A3	C4	B2
	B3	B2	K3	K4	C2	K2	C3	K1
	K2	A3	C2	C1	K4	A4	B4	C1
90. Gün	A4	B3	K3	A1	A2	B1	K1	C3
	B2	A2	C3	K1	C2	K2	B4	C4
	K4	C4	B4	C2	K3	A1	C1	A4
	C1	A3	K2	B1	B3	B2	K4	A3
120. Gün	K3	K1	A4	A3	B4	A2	C1	B2
	A2	C4	B2	B1	A1	K4	C3	B1
	C3	A1	C1	K2	K3	C2	K1	A3
	B3	C2	K4	B4	A4	K2	B3	C4

A: HADROPOLY Ticari İsimli Mikrobiyal Gübre, B: BACTOBOOST Ticari İsimli Mikrobiyal Gübre, C: Yerli Mikrobiyal Gübre ve K: Kontrol (hiçbir mikroorganizma uygulanmayan) parselleri anlamındadır.

### 3.2.1. Toprakta Mezofil Aerobik Mikroorganizma Sayısım

Toprak numunelerinde mikroorganizma sayımları Wollum (1982)'ye göre yapılmıştır. Ekim öncesi % 0,6'lık fizyolojik tuzlu su ve hazır ticari kuru bir besiyeri ölçülere/tartılarak otoklavda sterilizasyona hazır hale getirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Fizyolojik tuzlu su ve besiyeri hazırlığından bir görünüm

Mikroorganizma ekimi öncesi gerekli hazırlıklar tamamlandıktan sonra HEPA filireli steril kabin şartlarında önceden otoklavda 121 °C de 1.5 atmosfer basınç altında 15 dakika steril edilen PCA besiyeri dökülerek hazırlanmış steril petri kaplarına ekim yapılmış ve petri kapları paketlenerek inkübatöre yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Mikrobiyal ekim sonrası inkübatöre yerleştirilen petri kaplarının görünümü

### 3.2.2. Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Tayini

Alkali fosfaraz enzim aktivitesi: Alkali fosfataz enzim aktivitesinin belirlenmesi için, 1 g toprağa 0,2 ml toluen, 4 ml MUB (pH=11) ve 1 ml p-nitrofenil fosfat çözeltileri eklenmiş ve karışımlar 1 saat 37°C de inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından örneklerin üzerine 1 ml 0,5M CaCl<sub>2</sub> ve 4 ml 0,5M NaOH ilave edilerek oluşan sarı rengin yoğunluğu 410 nm’de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Tabatabai, 1982). Sonuçlar saat başına µg PNP g kuru toprak<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.3. β-Glikozidaz Enzim Aktivitesi Tayini

Yapılan analizde Eivazi ve Tabatabai (1988) metodu kullanılmıştır. Metotta belirtildiği üzere toprak numunelerine pH değeri 6 olan modifiye universal tampon eriyiği ilave edildikten sonra üzerine p-nitrofenil β-D-glikopiranozid çözeltisi eklenmiştir. İnkübatörde 37 °C’de 1 saat inkübasyon yapılmıştır. Yapılan işlemler sonunda spektrometre cihazında 410 nm’de okumaları yapılmıştır.

### 3.2.4. Üreaz Enzim Aktivitesi Tayini

Üreaz enzim analizinde Hoffmann ve Teicher (1961) metodu kullanılmıştır. Metotta belirtildiği üzere hava kuru toprak numunelerinden 10 g alınarak 2mm'lik elekten elenmiştir. Substrat olarak kullanılan üreyi, üreaz enzimi tarafından hidroliz ederek karbondioksit ve amonyağa parçalaması sonucu oluşan çözeltide, çözünen amonyak miktarı spektrofotometre cihazı yardımıyla okunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Üreaz enzimi ve standart seri okumalarından bir görünüm

### 3.2.5. Katalaz Enzim Aktivitesi Tayini

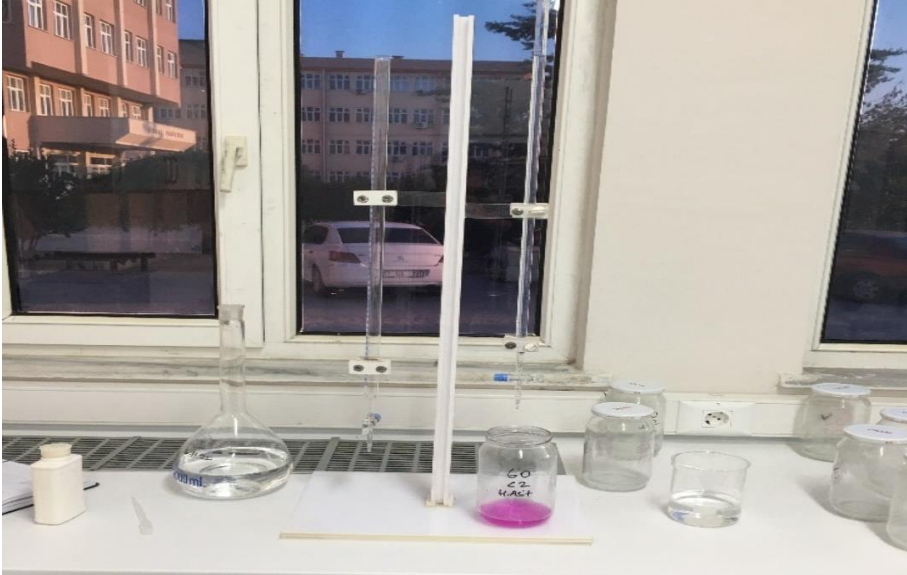
Katalaz enzimi (EC 1.11.1.6) analizinde Beck (1971) metodu kullanılmıştır. Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elendikten sonra iki adet 5'er g alınarak birinin bünyesindeki mikroorganizmalar  $\text{NaN}_3$  ile öldürüldükten sonra eklenen tampon çözelti her iki örneğe de eklenerek katalaz enziminin hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )'i parçalaması sonucu ortaya çıkan oksijen miktarı volümetrik olarak kalsimetre cihazında belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Katalaz enzim analizi için kalsimetre şişelerine toprak tartımlarından bir görünüm

### 3.2.6. Mikrobiyal Solunum (CO<sub>2</sub>) Analizi

Alkali tuzak tekniği (Anderson ve Domsch, 1978) kullanılarak karbondioksit çıkışı analizleri yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Alkali tuzak tekniği ile mikrobiyal solunum analizinden bir görünüm

İnkübatörde bulunan litrelik kavanozlardaki örnekler kavanozlarıyla birlikte çıkarılarak önceden hazırlanan 0.1 N NaOH çözeltisi (alkali tuzak) kavanoz dibine yavaşça



eklenmiş kavanozlar yeni alınmış (kullanılmamış) metal kapaklarıyla kapatılmış ve inkübatöre yerleştirilmiştir. İnkübatörde 27 °C'de 24 saat tutulan kavanozlar çıkarılarak dibindeki alkali çözeltiye Fenol Ftalein indikatörü damlatılmış oluşan mor renk 0.1 N HCl ile renk kayboluncaya kadar titre edilmiştir. Sonuçlar g kuru toprağın saat başına ürettiği CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.7. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Analizi

Yapılmış olan analizde Casida (1977) metodu kullanılmıştır. Toprak numunelerine TTC (Trifenil Tetrazolium Klorür) çözeltisi eklenmiş, 30°C'de 24 saat bekletilerek inkübasyon yapılmıştır. Yapılan işlem sonucunda oluşan TPF (Trifenilformazon) çözeltisinin fotometrik olarak 546 nm'de ölçümü ile yapılmıştır (Şekil 6)



Şekil 6. Dehidrogenaz enziminde okunmaya hazır numunelerden bir görünüm

### 3.2.8. Agregat Stabilitesi Analizi

Yapılmış olan analizde Kemper ve Rosenau (1986)'nın bildirdiği ıslak eleme metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde alınan 4 g toprak numunesi elek yardımı ile elenerek 1-2mm arasında kalan toprak numuneleri ıslak eleme aletine konulmuş ve 3 dakika su içerisinde daldırılıp çıkartılmıştır. Elek üzerinde kalan kısım 105 °C de fırında kurutulmuştur. Bu işlemden sonra 0,25 mm'lik elekten üzerine su dökülerek elenmiş ve elek üstünde kalan numune fırın kurusu durumuna getirilerek tartılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Suya dayanıklı agregat stabilitesi analiz cihazı görünümü

### 3.2.9. Toprakta pH ve EC Analizleri

Önceden analize hazır hale getirilen ve 2 mm'lik elekten geçirilen topraklardan temsilen ayrılan bir kısım toprakta Toprak Reaksiyonu (pH) analizi 1:2.5 (Toprak:Saf su) karışımında cam elektrotlu pH-metreyle ölçülmüş (Richards, 1954); toprak tuzluluğu ise aynı karışımında Elektriksel iletkenlik ölçen EC-metre yardımı ile ölçülerek belirlenmiştir (Richards, 1954; Grewelling ve Peech, 1960).

### 3.2.10. Toprak Organik Maddesi Analizi

Önceden analize hazır hale getirilen topraklardan temsilen ayrılan bir kısım toprak örneği alınarak önce porselen havanda havan eliyle ezilmiş, sonra bu toprak 0.50 mm'lik elekten geçirilmiş ve buradan 0,50 g'lık tartım uygun boyuttaki erlene alınmıştır. toprak organik madde kromik asit ve sülfirik asitle yaş yakma sonrası Modifiye Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir (Jackson, 1958).

### 3.2.11. Toprakta Kireç Analizi

Önceden analize hazır hale getirilen ve 2 mm'lik elekten geçirilen topraklardan temsilen ayrılan bir kısım topraktan alınan 0.50 g'lık kısımdaki kireç HCl ile reaksiyona



sokularak açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazının Scheibler kalsimetresi yardımıyla volümetrik olarak ölçülmesiyle kireç tayini yapılmıştır (Allison ve Moodie, 1965).

### **3.2.12. Toprakta P, Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni, Cd, Pb ve Cr Analizleri**

Önceden analize hazır hale getirilen ve 2 mm'lik elekten geçirilen topraklardan temsilen ayrılan topraklardan 20'şer g tartılarak üzerine 40'ar ml AB-DTPA çözeltisi eklenmiş, bu karışım çalkalayıcıda 15 dk çalkalanarak Whatman No42 filtre kâğıdıyla süzümüştür. Bu şekilde elde edilen ekstraktlar sonrasında ICP-OES cihazı yardımıyla okunmuştur (Soltanpour, 1991; Müftüoğlu vd., 2014).

### **3.2.13. Toprakta NH<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub> Analizleri**

İnkübasyondaki toprak örneklerinden yeterince ayrılan temsili bir kısım 1:10 oranında 2M KCl ile bir saat çalkalandıktan sonra süzülerek ekstrakte edilmiş ve solüsyona alınan NH<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub> miktarları devarda ve mağmezyum oksitle Kjeldahl destilasyon cihazında distile edilmiş ve distilantlar zayıf bir asitle titre edilerek sonuçlar hesaplanmıştır (Kacar, 2009; Müftüoğlu vd., 2014).

## **3.3. Verilerin İstatistiksel Analizi**

Araştırma sonucunda elde edilen veriler faktöriyel deneme desenine göre bilgisayar tabanlı bir İstatistik Paket Programı yardımıyla (JMP) Varyans Analizi (VA)'ne tabi tutulmuştur. Sonuçlar arasındaki önemli farklar ( $\alpha=0.050$ ) Student's-t testiyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. Uygulamaların Toprak Biyolojik Özellikleri, Enzim Aktiviteleri ve Agregat Stabilitesi Özelliklerine Etkileri

Farklı mikrobiyal gübreler önerilen dozlarda HA varlığında ve yokluğunda topraklara uygulanmış, inkübasyon şartlarında 60, 90 ve 120. günlerde tutulan topraklardan toprak örnekler alınmış, toprak analizleri yapılarak sonuçlar istatistik olarak değerlendirilmiş ve incelenen tüm özelliklerin önemlilik durumları topluca Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3  
İncelenen toprak özelliklerinin istatistiksel önemlilik durumu özet tablosu

ÖZELLİK	HA Uygulaması			MGU Uygulaması			HA X MGU Uygulaması		
	60	90	120	60	90	120	60	90	120
GÜN									
MOS	x*	x	x	x	x	x	x	x	x
CO <sub>2</sub>	x	x	öd	x	x	x	x	x	x
Üreaz	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Katalaz	öd**	x	x	x	x	x	x	öd	x
Dehidrogenaz	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alkali Fosfataz	x	x	öd	x	öd	x	x	x	x
β-Glikosidaz	öd	x	öd	x	x	x	x	x	x
Agregat Stabilitesi	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NH <sub>4</sub>	öd	x	x	x	x	x	x	x	x
NO <sub>3</sub>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K	öd	öd	x	x	x	x	x	x	x
Ca	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P	x	x	öd	x	x	x	x	x	x
Mo	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	öd	öd	x	öd	öd	x	öd	x	x
Cu	öd	öd	x	x	x	x	x	x	x
Zn	öd	x	x	x	x	x	x	x	x
Fe	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mn	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cr	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Na	öd	öd	x	x	x	x	x	öd	x
Ni	öd	x	öd	x	x	x	x	öd	x
Cd	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pb	x	x	öd	x	x	x	x	x	öd

\*: Değişimler önemli, \*\*: Değişimler önemli değil

Tablo 3'te sıralanan 25 toprak özelliği üç kategoriye ayrılarak her bir kategorideki özelliklerle ilgili VA tabloları ve istatistik önemlilik derecelerinin gösterildiği haflendirme

tabloları oluşturulmuştur. İlk grupta incelenen toprak özelliklerinden uygulamaların etkisiyle önemli derecede değişim gösterenler Tablo 4'te; bu grubun ortalama değerleri üzerinden istatistiksel farklılıkları harflendirilerek Tablo 5'te verilmiştir.

Toprağın biyolojik, biyokimyasal, fiziksel özellikleri, topraktan ekstrakte edilebilir makro-mikro elementler ve ekstrakte edilebilir ağır metallerin birlikte incelenmesi sürdürülebilir tarımsal üretim ve çevre kirliliği açısından çok önem arz etmektedir.

İlk grupta incelenen özelliklerle ilgili VA tablosu (Tablo 4) incelendiğinde; MOS, mikrobiyal solunum (CO<sub>2</sub>) ve üreaz enzim özelliklerinin tamamında önemli değişimler olduğu görülmektedir (p<0.05). Bu özelliklerden sadece mikrobiyal solunum'un 120. gün değerlerindeki HA uygulamasının etkisi önemsiz olmuştur. Bu grupta incelenen toprak biyolojik özellikleri (MOS, CO<sub>2</sub>, Üreaz, Katalaz, Dehidrogenaz, Alkali fosfataz, Beta-glikozidaz, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) ve agregat stabilitesi özelliklerin tümünde humik asit uygulamaları ve mikrobiyal uygulamaların ayrı ayrı etkileri önemli derecede değişimlere neden olmuştur. İncelenen özellikler üzerinde her iki uygulamanın birlikte etkisi istatistik açıdan önemli olduğu durumda (HA x MGU interaksyonu) interaksyon etkisi görülen özelliğin ortalama verileri dikkate alınmış, tablolar oluşturularak farklı harfler ve alfabetik sırayla büyükten küçüğe doğru önemlilik dereceleri Tablo 5'te ifade edilmiştir.

İkinci grupta HA ve MGU'nun topraktan AB-DTPA çözültisiyle ekstrakte edilebilir makro-mikro besin elementleri (Na, K, P, Ca, Mg, Mo, B, Fe, Cu, Zn, Mn) üzerine etkileri incelenmiş, bu gruptaki değişimlerle ilgili VA tablosu Tablo 6'da; bu gruptaki değişkenlerle ilgili istatistik önemlilik durumları ise detaylı olarak farklı harfler ve alfabetik sırayla büyükten küçüğe doğru Tablo 7'de verilmiştir.

Üçüncü grupta ise HA ve MGU'nun topraktan AB-DTPA çözültisiyle ekstrakte edilebilir ağır metallere Cr, Ni, Pb, Cd ve Mo elementleri üzerine etkileri incelenmiş, bu elementlerin alınabilirliklerindeki değişimlerle ilgili VA tablosu Tablo 8'de; bu gruptaki elementlerin istatistiksel önemlilik durumları ise detaylı olarak farklı harfler ve alfabetik sırayla büyükten küçüğe doğru Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 4

Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki toprak biyolojik özellikleri, enzim aktiviteleri ve agregat stabilitesi VA tablosu

Varyasyon Kaynağı/Özellik	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri
<b>Mikroorg. Sayısı</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	9.30x10 <sup>15</sup>	-	39	1.43x10 <sup>14</sup>	-	39	1.99x10 <sup>14</sup>	-
HA	1	2.08x10 <sup>13</sup>	112.2107***	1	1.62x10 <sup>13</sup>	44.0719***	1	1.01x10 <sup>14</sup>	570.4892***
MO	4	2.03x10 <sup>13</sup>	27.3616***	4	4.29x10 <sup>13</sup>	29.1761***	4	6.60x10 <sup>13</sup>	93.9092***
HA x MGU	4	4.64x10 <sup>13</sup>	62.6015***	4	8.41x10 <sup>13</sup>	57.2299***	4	2.74x10 <sup>13</sup>	39.0498***
Hata	30	5.56x10 <sup>12</sup>	-	30	1.54x10 <sup>14</sup>	-	30	5.27x10 <sup>12</sup>	-
<b>Mikr. Solnm. (CO<sub>2</sub>)</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	1646	-	39	222.7	-	39	63.28	-
HA	1	2645	1859.997***	1	11.52	36.7500***	1	0.810	3.0000 <sup>öd</sup>
MO	4	7325	1287.751***	4	127.0	101.2910***	4	31.62	29.3133***
HA x MGU	4	6447	1133.506***	4	74.77	59.6309***	4	22.76	21.1000***
Hata	30	42.66	-	30	9.400	-	30	8.090	-
<b>Üreaz Enzimi</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	1837	-	39	1018	-	39	9010	-
HA	1	647.7	5.7011*	1	2584	54.3845***	1	2778	59.1296***
MO	4	3093	6.8067***	4	4466	23.4991***	4	1581	8.4128***
HA x MGU	4	1122	24.6835***	4	1707	8.9843***	4	3242	17.2482***
Hata	30	3408	-	30	1425	-	30	1409	-
<b>Katalaz Enzimi</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	14.18	-	39	11.01	-	39	13.12	-
HA	1	0.020	0.2580 <sup>öd</sup>	1	2.030	17.6097***	1	2.100	11.1649**
MO	4	9.210	27.1532***	4	4.980	10.8109***	4	4.290	5.6907***
HA x MGU	4	2.400	7.0725***	4	0.540	1.17682 <sup>öd</sup>	4	1.070	1.4226**
Hata	30	2.550	-	30	3.450	-	30	5.650	-
<b>Dehidrogenaz Enz.</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	368.4	-	39	153.8	-	39	89.98	-
HA	1	43.08	355.0431***	1	22.78	308.02776***	1	19.51	180.7489***
MO	4	147.0	302.8439***	4	47.94	162.0371***	4	29.47	68.2381***
HA x MGU	4	174.7	359.8958***	4	80.89	273.4353***	4	37.75	87.3946***
Hata	30	3.640	-	30	2.220	-	30	3.240	-
<b>Alkali Fosfataz Enz.</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	4220	-	39	2660	-	39	2733	-
HA	1	3773	15.8184***	1	7074	47.3926***	1	299.7	2.3686 <sup>öd</sup>
MO	4	2786	29.2001***	4	1519	2.5438 <sup>öd</sup>	4	2072	40.9431***
HA x MGU	4	3411	3.5749*	4	1352	22.6515***	4	2506	4.9508***
Hata	30	7156	-	30	4478	-	30	3796	-
<b>Beta Glikozidaz Enz.</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	2263	-	39	1616	-	39	425.3	-
HA	1	0.070	0.0373 <sup>öd</sup>	1	737.1	761.1175***	1	0.790	1.3576 <sup>öd</sup>
MO	4	797.7	109.0195***	4	452.3	116.7757***	4	375.0	160.7485***
HA x MGU	4	1410	192.8022***	4	397.4	102.5824***	4	32.01	13.7185***
Hata	30	54.88	-	30	29.05	-	30	17.50	-
<b>Agregat Stabilitesi</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	2423	-	39	1595	-	39	1583	-
HA	1	395.2	51.1405***	1	338.9	46.2260***	1	716.1	127.5801***
MO	4	725.9	23.4784***	4	568.7	19.3926***	4	291.5	12.9839***
HA x MGU	4	1070	34.6305***	4	467.6	15.9473***	4	407.6	18.1534***
Hata	30	231.9	-	30	219.9	-	30	168.4	-
<b>Amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	57.26	-	39	11.27	-	39	79.80	-
HA	1	0.010	0.3589 <sup>öd</sup>	1	0.140	5.2768*	1	2.000	30.7114***
MO	4	51.90	355.8222***	4	3.470	32.6916***	4	74.94	287.0349***
HA x MGU	4	4.250	29.1735***	4	6.860	64.6033***	4	0.890	3.4277**
Hata	30	1.090	-	30	0.790	-	30	1.950	-
<b>Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	79.80	-	39	52.15	-	39	27.22	-
HA	1	2.000	30.7114***	1	14.62	188.5988***	1	1.670	64.8***
MO	4	74.94	287.0349***	4	8.490	27.3971***	4	14.53	140.675***
HA x MGU	4	0.890	3.4277*	4	26.71	86.1743***	4	10.24	99.175***
Hata	30	1.960	-	30	2.320	-	30	0.770	-

\*:  $p \leq 0.050$ , \*\*:  $p \leq 0.010$ , \*\*\*:  $p \leq 0.001$ , öd: önemli değil

Tablo 5

Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki toprak biyolojik özellikleri, enzim aktiviteleri ve agregat stabilitesi özelliklerine etkileri

60. GÜN	HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D
Mikro Organizma Sayısı (adet x 10000000) g kuru toprak <sup>-1</sup>	7.346 b*	5.994 cd	4.289 e	8.669 a	6.273 c	4.057 ef	5.968 cd	6.412 c	5.378 d	3.545 f
Solunum (µg CO <sub>2</sub> g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	18.69 e	21.59cd	22.74 c	20.72 d	21.15 cd	22.01cd	70.78 a	67.28 b	14.88 f	11.26 g
Üreaz (µg NH <sub>4</sub> -N g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	200.4 a	183.6 b	178.7 bc	173.5 bc	211.5 a	154.2 d	202.1 a	166.5 cd	214.0 a	170.6 bc
Katalaz (mg O <sub>2</sub> 5g kuru toprak <sup>-1 3h</sup> )	5.849 cde	5.965 cde	5.323 fg	6.491 ab	6.141 bcd	4.913 g	5.790 de	5.673 ef	6.900 a	6.260 bc
Alk. fosfitz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	156.2 cde	139.5 de	200.9 b	174.1 c	232.2 a	159.5 cd	134.1 e	152.5 cde	158.5 cd	201.1 b
βGlikdz. (µg TPF g kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	50.11 b	31.39 f	33.57 e	37.14 d	41.59 c	31.35 f	37.88 d	33.08 ef	54.32 a	37.59 d
Dehidrgnz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	14.09 ab	5.69 h	8.41 f	6.23 g	12.59 c	9.91 d	14.56 a	10.12 d	9.20 e	13.60 b
Suya dayanıklı agregat stabilitesi (%)	60.70 bc	67.15 a	63.93 ab	51.72 e	55.29 de	43.07 g	55.63 de	56.71 cd	64.79 a	47.15 f
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	1.516 f	3.153 e	3.90 bc	3.56 d	3.79 bcd	0.38 g	4.02 ab	4.186 a	3.68 cd	3.85 bc
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	1.546 e	4.727 b	5.227 a	4.261 cd	4.602 bc	0.739 f	4.375 bcd	4.545 bc	4.318 cd	4.148 d
90. GÜN	HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D
Mikro Organizma Sayısı (adet x 10000000) g kuru toprak <sup>-1</sup>	5.049 e	5.276 e	10.49 a	10.471 a	6.883 bc	7.419 b	5.828 de	5.373 de	6.218 de	6.964 h
Solunum (µg CO <sub>2</sub> g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	17.44 g	25.49 a	23.29 c	22.52 cd	24.34 b	21.28 e	22.04 de	19.93f	20.22 f	24.25 b
Üreaz (µg NH <sub>4</sub> -N g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	54.05 h	68.61 efg	89.94 bc	73.29 ef	62.11 gh	84.48 cd	96.44 ab	102.68 a	67.05 fg	77.72 de
Katalaz (mg O <sub>2</sub> 5g kuru toprak <sup>-1 3h</sup> )	4.68 öd	4.27 öd	5.22 öd	4.86 öd	3.97 öd	3.97 öd	4.03 öd	4.68 öd	4.21 öd	3.85 öd
Alk. fosfitz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	216.4 bc	180.7 e	155.3 f	184.7 e	211.9 cd	196.1 de	236.4 a	233.8 ab	209.0 cd	206.6 cd
βGlikdz. (µg TPF g kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	29.18 e	30.57 de	25.71 g	27.35 f	33.50 c	48.83 a	34.77 c	37.36 b	31.09 d	37.18 b
Dehidrgnz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	10.30 b	5.268 h	6.590 f	5.737 g	9.485 c	7.812 e	11.56 a	8.347 d	7.427e	9.787c
Suya dayanıklı agregat stabilitesi (%)	36.28 b	49.07 a	48.22 a	34.54 b	32.47 b	32.87 b	36.01 b	33.44 b	35.82 b	33.35 b
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	1.970 b	2.790 a	1.630 cd	1.516 de	1.630 cd	1.346 e	1.516 de	2.823 a	1.403 de	1.857 bc
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	4.273 b	4.000 bc	1.079 f	1.875 e	2.159 e	3.466 d	3.579 d	4.716 a	3.636cd	4.034 bc
120. GÜN	HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D
Mikro Organizma Sayısı (adet x 10000000) g kuru toprak <sup>-1</sup>	6.672 c	9.075 a	4.107 d	7.744 b	3.799 def	2.938 g	3,490 efg	3,295 fg	3,945 de	1,899 h
Solunum (µg CO <sub>2</sub> g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	9,065 bc	7,260 ef	7,260 ef	7,925 de	9,350 b	11,055 a	8,400 cd	7,925 de	8,020 d	6,880 f
Üreaz (µg NH <sub>4</sub> -N g kuru toprak h <sup>-1</sup> )	120,7 a	107,4 b	121,4 a	90,02 c	129,8 a	92,60 c	110,7 b	94,53 c	96,46 c	91,74 c
Katalaz (mg O <sub>2</sub> 5g kuru toprak <sup>-1 3h</sup> )	4,225 öd	3,139 öd	4,346 öd	3,743 öd	3,380 öd	3,260 öd	3,139 öd	3,743 öd	3,260 öd	3,139 öd
Alk. fosfitz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	227,8 abc	167,1 g	234,9 ab	184,3 f	241,5 a	211,5 de	174,6 fg	217,9 cde	203,5 e	220,8 bcd
βGlikdz. (µg TPF g kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	34,90 b	31,90 e	34,71 bc	27,38 f	33,06 d	36,14 a	28,12 f	34,99 b	27,51 f	33,77cd
Dehidrgnz (µg TPFg kuru toprak <sup>-1 24h</sup> )	8,456 bc	5,046 g	5,615 f	5,197 fg	8,172 cd	6,818 e	9,341 a	7,838 d	6,668 e	8,806 b
Suya dayanıklı agregat stabilitesi (%)	41,78 d	58,09 a	56,12 ab	49,03 c	53,30 b	44,66 d	42,48 d	42,91 d	41,68 d	44,28 d
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	1,546 e	4,727 b	5,227 a	4,261 cd	4,602 bc	0,739 f	4,375 bcd	4,545 bc	4,318 cd	4,148d
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg g <sup>-1</sup> )	3,978 d	2,557 g	4,659 b	5,057 a	3,125 f	4,318 c	3,523 e	3,864 d	3,069 f	2,557 g

\* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Tablo 5 incelendiğinde MOS bakımından 60. günde en yüksek değer 8668832 adet mikroorganizma ile C uygulamasında görülmüşken, 90. günde 10 487 013 adet B uygulamasında ve 10 470 779 adet C uygulamasında görülmüştür. Mikroorganizma sayıları 120. günde ise en çok 9 074 676 adet ile A uygulamasında elde edilmiştir. Bu yüksek değerler HA<sup>-</sup> topraklardan elde edilmiştir. En düşük mikroorganizma sayıları her üç örnekleme döneminde de HA<sup>+</sup> şartlarında görülmüş ve sırasıyla 60. gün 3 545 455 adet ile D uygulamasında, 90. gün 6 964 286 adet ile D uygulamasında ve 120. günde de 1 899 351 adet ile yine D uygulamasında görülmüştür. Li vd. (2019) yaptıkları üç yıllık yerfıstığı çalışmasında HA uygulamasının özellikle bakteri sayısını azalttığını, mantar sayılarını artırdığını ve bu mantarlardan bazılarının patojenik olduklarını bildirmiştir. Çalışmamızda da MOS sayıları HA varlığında azalmıştır. Zhou vd. (2022)'nin kumlu bir toprakta bentonit ve HA uygulaması yaptıkları 7 yıllık bir çalışmada, 3-5. yıllar arasında uygulamaların mikrobiyal biyokütleyi artırdığı ifade edilmiştir, ancak toprak bünyesi ve uygulama şartları çalışmamızdan çok farklı şartlarda yapılmıştır. Çalışmamızla ilişkilendirilebilecek ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının kullanıldığı bir başka inkübasyon çalışmasında (Uzunboy ve Türkmen, 2018), araştırmacılar MOS sayımları sonucunu g kuru toprak başına 5 000 000 – 15 000 000 adet olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı topraklardaki başka bir çalışmada (Parlak vd. 2017) ise mikroorganizma sayılarını derinliğe bağlı olarak azalmakla beraber 0-15 cm derinliklerde çalışmamızla benzer aralıktaki miktarlarda belirlenmiştir.

CO<sub>2</sub> bakımından ise, 60. günde en yüksek değer 70.775 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitli koşullarda A uygulamasında görülmüşken, 90. günde 25.493 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitsiz koşullarda A uygulamasında görülmüş olup, 120. günde 11.055 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitli koşullarda K uygulamasında görülmüştür. 60. günde en düşük değer 11.255 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitli koşullarda D uygulamasında görülmüşken, 90. günde 17.443 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitsiz koşullarda K uygulamasında görülmüş olup, 120. günde 6.880 µg CO<sub>2</sub> g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitli koşullarda D uygulamasında görülmüştür (Tablo 5). Toprak solunumu mikroorganizma faaliyetlerinin bir sonucu olup toprak tipi, toprak nemi, toprak organik maddesi ve toprak sıcaklığı gibi birçok faktöre göre değişir (Anderson ve Domsch, 1973; Orchard ve Cook, 1983; Lloyd ve Taylor 1994; Luo ve Zhou, 2010; Qin vd. 2019). Ergün (2017), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında fındık biyoçarı uygulamasının CO<sub>2</sub> değerlerini

etkileyebildiğini ve günlük ortalama 11.77 mg CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup> üretildiğini belirtmiştir. Ordu ilindeki fındık bahçelerinde yapılan çalışmada (Ay ve Kızılkaya, 2021) alınan toprakların CO<sub>2</sub> üretimlerinin 0.04-0.23 ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirtilmiştir. Toprakların CO<sub>2</sub> üretimleriyle ilgili araştırmacıların gün-saat, gram-mikrogram, gram başına veya 100 gram başına CO<sub>2</sub> üretimi gibi farklı ifade metot farkları da toprak şartları kadar tartışmayı zorlaştırmaktadır.

Üreaz (EC 3.5.1.5) üreyi sübstrat olarak kullanarak amonyak ve karbondioksit döndüren ve kofaktörü Ni<sup>+2</sup> olan bir enzimdir (Alef ve Nannipieri, 1995). Üreaz enzim aktivitesi doğada 0.14 ile 14.3 µmol N-NH<sub>3</sub> gr<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> arasında değişmekle beraber (Nannipieri vd., 2002; Kandeler vd., 2011) toprakların pH, kireç, tuz, organik madde, yağışlar ve toplam azot miktarı gibi genel toprak özelliklerine bağımlı değişebildiği ifade edilmektedir (Kızılkaya vd., 1998; Kandeler vd., 2011; Zornoza vd., 2006).

Çalışmamızdaki üreaz enzimi değişimleri örnekleme zamanı HA ve MGU bakımlarından ele alınarak incelenmiştir. İlk örnekleme döneminde (60. Günde) en yüksek değerler HA<sup>-</sup> koşullarda, 200.35 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile A uygulaması ve 211.45 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile B uygulaması olurken HA<sup>+</sup> koşullarda, 202.05 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile A uygulaması ve 214.02 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile C uygulamasında görülmüştür. Üreaz enzimi 90. günde ise en yüksek değer 102.68 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile humik asitli koşullarda B uygulamasında görülmüştür. 120. günde ise en yüksek değerler HA<sup>+</sup> koşullarda, 120.72 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile K uygulamasında, 121.37 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile B uygulamasında ve 129.77 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile D uygulamasında görülmüştür.

En düşük değerler ise 60. günde, 154.18 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile K uygulamasında HA<sup>+</sup> koşullarda görülmüşken, 54.05 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile K uygulamasında HA<sup>-</sup> koşullarda görülmüş olup, 120. günde ise değerler humik HA<sup>-</sup> koşullarda 90.02 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile C uygulamasında iken HA<sup>+</sup> koşullarda 92.60 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile K uygulaması, 94.53 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile B uygulaması, 96.46 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile C uygulaması ve 91.74 µg NH<sub>4</sub>-N g kuru toprak h<sup>-1</sup> ile D uygulamasında görülmüştür (Tablo 5)

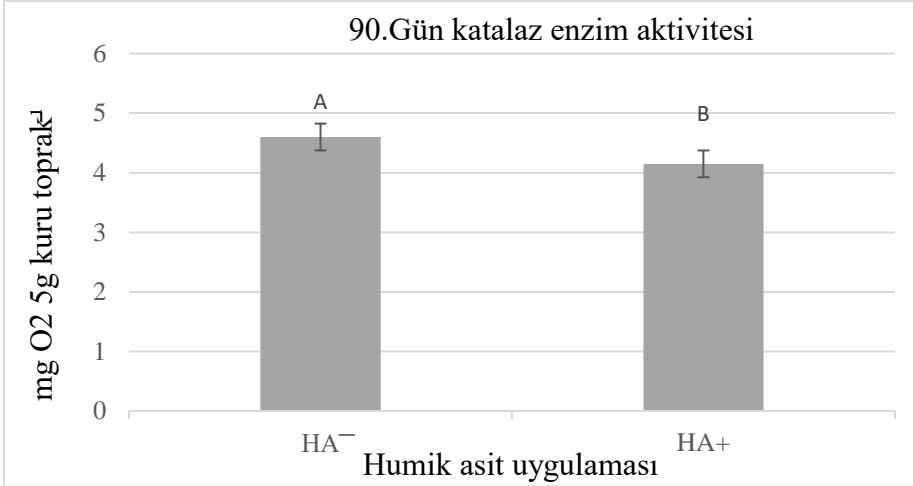
Toprakta üreaz enzim aktivitelerinin farklı uygulamalara, farklı topraklara ve zamana göre farklı seviyelerde elde edildiği görülmektedir (Li vd., 2019; Hou vd., 2021; Wang vd., 2022). Zhou vd. (2022), kumlu bir toprakta bentonit ve HA uygulaması yaptıkları çalışmalarında, 3-5. yıllar arasında uygulamaların üreaz enzim aktivitesini artırdığını ifade etmişlerdir. Türkmen vd. (2013), Çanakkale Biga şartlarında yaptıkları mera çalışmasında, uygulamalar arasında ve derinlik bazında önemli farklar olduğunu ve üreaz miktarlarının 30-43 mg NH<sub>3</sub> -N 100 g<sup>-1</sup> toprak seviyelerinde değiştiğini bildirmişlerdir. Buğday bitkisi altındaki topraklardan farklı zamanlarda ve derinliklerde alınan örneklerde üreaz enzim aktivitesi analizleri de yapılmış ve buğdayın sapa kalkma döneminde en yüksek enzim değerlerine ulaşıldığı, toprakta derinlik arttıkça üreaz enzim aktivitesinin azaldığı ifade edilmiştir (Erdel, 2021).

Yapılan önceki çalışmalardan da anlaşılacağı gibi topraklarda üreaz enzim aktiviteleri değişken seviyelerde bulunmakta ve bu değişkenlik toprakların temel özellikleri yanında yapılan uygulamalardan da kaynaklanmaktadır. Çalışmamızla ilişkilendirilebilecek ve tartışabileceğimiz ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde üreaz enzim aktivitelerinin HA ve MGU uygulamaları yapılarak incelendiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Katalaz enzimi stabilitesi oldukça yüksek (Alef ve Nannipieri, 1995) enzimlerdendir. Enzimlerin topraklarda en büyük kaynağı mikroorganizmalardır (Karaca vd., 2011). Katalaz enzimi aktivitesi mikrobiyal aktiviteye dolayısıyla ısı, oksijen, toprak nemi ve besin maddeleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Kandeler, 2015). Katalaz enzim aktivitesinin toprak işlemeyle değiştiği (Erdel, 2021), topraklardaki organik madde seviyesi ile yakından ilişkili olduğu (Durmuş vd., 2011) ve toprakların N, P, K ile gübrenmeleri ile katalaz enzimi aktivitesinin arttığı (Durmuş vd., 2011; Kandeler, 2015) ifade edilmiştir.

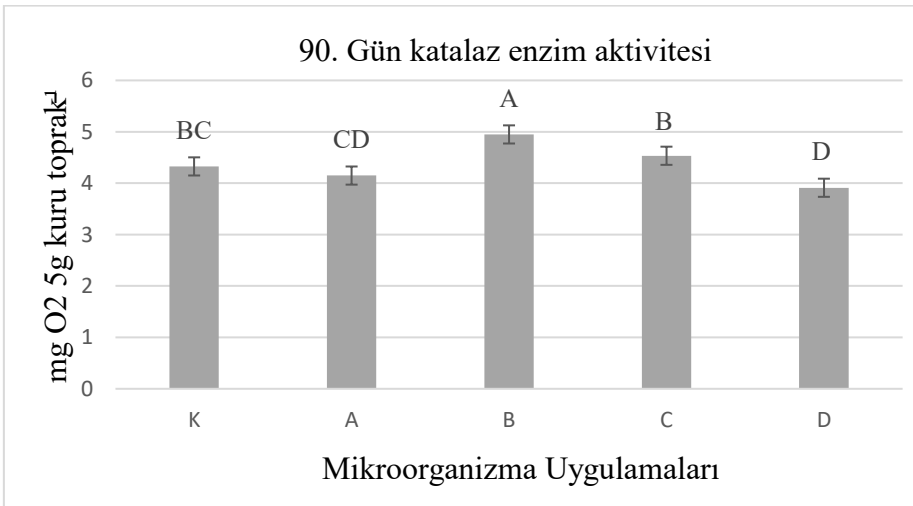
Çalışmamızda katalaz enzim aktivitesi verileri incelendiğinde 60 ve 120. günlerdeki MGU ve HA interaksiyonlarının önemli olduğu, sadece 90. gündeki interaksiyonun önemsiz olduğu görülmektedir. Ancak 90. günde HA ve MGU uygulamaları ayrı ayrı uygulandıklarında katalaz enzim aktivitelerinde önemli değişimler olmuştur (Şekil 8-9).





Şekil 8. Humik asit uygulamasına göre katalaz enzim aktivitesi değişimleri

HA<sup>-</sup> şartlarında katalaz enzim aktivitesi sonucu 5 gram toprak başına 4.599 mg O<sub>2</sub> üretim değeri elde edilmişken, bu değer humik asit uygulamasının etkisiyle 4.149'a kadar gerilemiştir katalaz enzimi 90. günde farklı MGU uygulamalarına göre farklı seviyelerde aktivite göstermiştir. En yüksek katalaz aktivitesi B kodlu MGU'da (4.949 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup>) görülmüş; sırasıyla bu uygulamayı C uygulaması (4.534 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup>), Kontrol (4.327 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup>), A uygulaması (4.149 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup>) ve A+B+C uygulaması (3.912 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup>) takip etmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Mikrobiyal gübre uygulamalarına göre katalaz enzim aktivitesi değişimleri

Katalaz enzimi aktivitesi, 60. günde interaksiyon etkisiyle en yüksek değere (6.901 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak 3 dk<sup>-1</sup>) HA<sup>+</sup> koşullarında C uygulamasında ulaşmıştır. Katalaz enzim

aktivitesi değerleri 90. günde 3.971 – 5.216 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak 3dk<sup>-1</sup> arasında değişirken; 120. günde 3.139 – 4.346 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak 3dk<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. HA uygulamasıyla kontrol uygulamasının 60. günde en düşük katalaz değeri (4.9130 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak<sup>-1</sup> 3dk<sup>-1</sup>) gözlemlenmiştir (Tablo 5).

Yıldırım (2010), tarafından Konya şartlarında tuzlu topraklarda yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında katalaz enzim aktivitelerinin genel olarak 1.13-7.33 mg O<sub>2</sub> 5g kuru toprak 3dk<sup>-1</sup> arasında değiştii ifade edilmiştir. Zhou vd. (2022), kumlu toprakta bentonit ve HA uygulaması yaptıkları çalışmada 3-5. yıllar arasında uygulamaların katalaz enzim aktivitesini artırdığını ifade etmişlerdir. Erdel (2021), yaptığı çalışmada buğday bitkisi altındaki topraklardan farklı zamanlarda ve derinliklerde aldığı örneklerde katalaz enzim aktivitesi analizlerini yapmış ve katalaz enzimindeki değişimlerin bitki gelişim periyodu boyunca önemsiz derecede değişimler gösterdiğini, ancak toprak derinliğinin artmasıyla katalaz aktivitesinin düştüğünü bildirmiştir. Türkmen vd. (2013), Biga (Çanakkale) şartlarında yaptıkları mera çalışmasında, uygulamalar arasında ve derinlik bazında inceledikleri enzim aktivitelerinde önemli farklar olduğunu ve katalaz enzim aktivitesi sonuçlarının 3.72 -7.42 mg O<sub>2</sub> 5 g toprak 3 dk<sup>-1</sup> seviyelerinde değiştiiğini bildirmişlerdir. Anamur ve Türkmen (2021), Bayramiç (Çanakkale) şartlarında yaptıkları çalışmada 0-30 cm derinlikteki topraklarda HA uygulamalarının katalaz enzim aktivitesine olumsuz etkileri olduğunu ve katalaz enzim aktivitelerinin HA dozları arttıkça azaldığını bildirmişlerdir.

Yapılan önceki çalışmalardan da anlaşılacağı gibi topraklarda katalaz enzim aktiviteleri değişken seviyelerde bulunmakta ve bu değişkenlik toprakların temel özellikleri yanında yapılan uygulamalardan da kaynaklanmaktadır. Çalışmamızla ilişkilendirilebilecek ve tartışabileceğimiz ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde katalaz enzim aktivitelerinin HA ve MGU uygulamaları yapılarak incelendiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Alkali fosfataz enzimi (EC 3.1.3.1), organik fosforun hidrolizini katalizlediği için tarımsal üretim açısından çok önemlidir (Nannipieri, 1994). Çalışmamızda HA ve MG uygulamalarının organik karakterli olması AFT enziminin sorgulanmasını gerektirmiştir.

Alkali fosfataz bakımından ise, 60. günde en yüksek değer humik asitsiz koşullarda 232.2 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ile D uygulamasında iken, 90 günde humik asitli

koşullarda 236.37 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ile A uygulamasında olmuştur. İkinci örnekleme (120. gün) döneminde en yüksek AFT aktivitesinin humik asitsiz koşullarda 241.45 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ile D uygulamasında olduğu görülmüştür. İlk örnekleme döneminde en düşük AFT değeri HA<sup>+</sup> koşullarda 134.10 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ile A uygulamasında elde edilmişken, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 155.27 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> değeriyle B uygulamasında görülmüştür. Son örnekleme (120. Günde) HA<sup>-</sup> koşullarda 167.13 µg TPF g kuru toprak<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ile A uygulamasında AFT aktivitesi olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Okur vd. (2007), yaptıkları çalışmada toprakta alkali fosfataz enzim aktivitesi değerlerinin 306.23 - 475.11 µg p-NP g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirtmiş olup değerlerimizin bu çalışmaya göre düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeni çalışılan topraklar ve yapılan uygulama farklarının olarak belirtilebilir. Sun vd. (2020), 70 günlük inkübasyon çalışmasına göre uyguladıkları HA'in farklı fraksiyonlarının özellikle asit ve alkali fosfataz aktivitelerini artırdığını bildirmişlerdir. Urfada mısır yetiştirilen topraklarda yapılan bir çalışmada (Küçük ve Cevheri, 2018) alkali fosfataz enziminin 7.04–82.04 µg p-NP g kuru toprak<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiştir. Kravkaz Kuşçu (2019) alkali fosfatazın toprağın biyolojik özelliklerine göre olumlu veya olumsuz etkilenebileceğini ve ksenobiyotikler (yapay kirleticiler) gibi antropojenik etkilerin ise alkali fosfataz enzim aktivitesini olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Erdel (2021), buğday bitkisi altındaki topraklardan farklı zamanlarda ve derinliklerde aldığı örneklerde alkali fosfataz enzim aktivitesi analizlerini de yapmış ve buğdayın sapa kalkma döneminde en yüksek enzim değerlerine ulaştığını, bu değerlere en az toprak işleme alanlarında rastlandığını bildirmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere toprakta alkali fosfataz enzim aktiviteleri çok değişken olan toprak özellikleri yanında toprağa uygulanan materyallere göre de değişmektedir. Çalışmamızda elde edilen alkali fosfataz enzim aktivitesi değerleri önceki çalışmalara benzer aralıklarda elde edilmiş ancak ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde alkali fosfataz enzim aktivitelerinin HA ve MGU uygulamaları yapılarak incelendiği ve tartışabileceğimiz benzer başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Beta Glikozidaz enzimi (EC 3.2.1.21) C döngüsünde çok önemli rolü olan ve karasal ekosistendeki organik bileşiklerden en çoğu olan selülozun parçalanmasında yer alan anahtar roldeki bir enzimdir (Steger vd., 2010).  $\beta$ -glikozidaz enzimi toprakta maltoz ve sellobiyozun hidrolizinde katalizör olarak görev yapar.  $\beta$ -glikozidaz enzimi ayrıca topraklarda sellobiyoz bozunmasının (Steger vd., 2010) son aşamasında mikroorganizmalar için gerekli enerji kaynaklarını serbest hale getirir (Adetunji vd., 2017). Bu yönüyle  $\beta$ -glikozidaz enzimi toprakların organik madde içeriğindeki değişikliklerin güvenilir bir göstergesi olarak kullanılabilir (Bell vd., 2010; Kandeler, 2015).

Çalışmamızda HA kullanılmış olması ve bunun farklı MGU eşliğinde yapılması  $\beta$ -Glikozidaz (EC 3.2.1.21) enzimini izlememiz gereğini ortaya koymuştur. Bu bakımından her üç dönemde de yapılan  $\beta$ -glikozidaz enzim analiz sonuçları dönemlere göre ayrı ayrı incelenerek tartışılmıştır. İlk örnekleme dönemi olan 60. günde en yüksek  $\beta$ -glikozidaz enzimi HA<sup>+</sup> koşullarda 54.32  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile C uygulamasında görülmüşken; 90. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 48.83  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  değeri ile K uygulamasında olmuş ve 120. günde yine HA<sup>+</sup> koşullarda 36.140  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile yine K uygulaması durumunda görülmüştür. İlk örneklemede (60. gün) en düşük değer ise HA<sup>-</sup> koşullarda 31.390  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulamasında görülmüşken, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 25.705  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile B uygulamasında ve 120. günde ise yine HA<sup>-</sup> koşullarda 27.377  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile C uygulamasında görülmüştür (Tablo 5).

Çalışmamızda elde edilen  $\beta$ -glikozidaz enzim aktivitesi değerleri önceki çalışmalara benzer aralıklarda elde edilmiş (Laic vd., 2002; Turgay vd., 2004; Tamer ve Karaca, 2006; Karaca vd., 2006; Günal vd., 2018) ancak, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde  $\beta$ -glikozidaz enzim aktivitelerinin incelendiği ve tartışabileceğimiz başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.  $\beta$ -glikozidaz enzimiyle ilgili ülkemizdeki önceki çalışmalarda farklı konular, topraklar ve bulgulardan bahsedilmektedir. Bunlardan Kızılkaya vd. (1998), inceledikleri topraklarda  $\beta$ -glikozidaz enzim aktivitesi ile toprakların ekstrakte edilebilir Zn kapsamları arasında negatif yönde ve toplam değişebilir asidik katyonlarla pozitif yönde etki ettiğini bildirmişlerdir. Tamer ve Namlı (2018), yaptıkları çalışmada N ve P katkılı çeşitli organomineral gübrelerin buğday bitkisi verimini yanında toprakların enzim aktiviteleri üzerine de etkilerinin olumlu olduğunu, ilk aylardaki

toprak örneklerinin  $\beta$ -glikozidaz enzim seviyelerinin daha yüksek seyrettiğini bildirmişlerdir. Karaca vd. (2006)'nin yaptıkları çalışmada, bir tür humik depozit olan Gytja (Gıdy) ve mineral gübrelerin birlikte kullanıldığı uygulamaların kontrole göre  $\beta$ -glikozidaz enziminde önemli artışlara neden olduğu belirtilmiştir.

Dehidrogenaz enzim aktivitesinin herhangi bir ekosistemdeki toplam mikrobiyal aktivitenin bir ölçüsü olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir (Casida, 1977). Çalışmamızda HA ve MGU'ları sonrası toplam MOS ve CO<sub>2</sub> analizleri yanında dehidrogenaz enzim analizinin de mikrobiyal aktivitenin bir ölçütü olarak yapılması gerekmiştir.

Çalışmamızdaki dehidrogenaz enzimi 60. günde en yüksek değer humik asitli koşullarda 14.555  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması iken, 90. günde humik asitli koşullarda 11.560  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması olup, 120. günde humik asitli koşullarda 9.341  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması olduğu görülmüştür. 60. günde en düşük değer ise humik asitsiz koşullarda 5.687  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması iken, 90. günde humik asitsiz koşullarda 5.2682  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması olup, 120. günde humik asitsiz koşullarda 5.0462  $\mu\text{g TPF g kuru toprak}^{-1} 24\text{h}^{-1}$  ile A uygulaması olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Okur vd. (2007), yaptıkları çalışmada HA, Biofarm ve Leonardit uygulamalarına göre toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesi değerlerinin 22.86-119.74  $\mu\text{g TPF g}^{-1}$  arasında değiştiğini, toprağa uygulanan gübrelerin ve yetiştirilen bitki çeşidinin mikrobiyal biyokütle, dehidrogenaz,  $\beta$ -glukozidaz, alkalın fosfataz ve proteaz aktiviteleri üzerindeki etkisi %1 düzeyinde önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Özdemir vd. (2018), yaptıkları çalışmada Samsun yöresindeki asit, alkalın ve nötr pH'lı toprak örneklerine farklı düzeylerde tütün işleme atığı, çöp ve çeltik kavuzu kompostu karıştırarak sera koşullarında marul bitkisi yetiştirmişler, bitki hasadı sonrasında toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesi değerlerindeki değişimlere göre topraklara karıştırılan kompostların çeşidine, uygulama düzeylerine ve toprakların pH seviyelerine bağlı olarak dehidrogenaz aktivitesinde belirgin artışlar sağlandığını belirtmişlerdir.

Durmuş ve Kızılkaya (2016) yaptıkları çalışmada topraktan artan seviyelerde uyguladıkları kombu çayının artan dozlarının sera şartlarında hem kumlu-tın hem de tın bünyeli toprakta buğday verimini artırdığı; ayrıca topraklara uygulanan mamül Kombu çayı ve atık liyofilize kombu çayı kültürünün toprak bünyesine bağlı olarak değişmekle beraber toprakların dehidrogenaz ve katalaz aktivitelerinde artışlar meydana getirdiği belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre kumlu-tın bünyeli toprakta uygulamaların etkisi dehidrogenaz ve katalaz aktivitelerinde tın bünyeli toprağa göre belirgin olmuştur.

Dehidrogenaz enzimiyle ilgili ülkemizdeki önceki çalışmalarda farklı konular, topraklar ve bulgulardan bahsedilmektedir. Çalışmamızda elde edilen dehidrogenaz enzim aktivitesi değerleri genel olarak önceki çalışmalara benzer aralıklarda elde edilmiş (Liu vd., 2002; Okur vd., 2007; Kızılkaya, 2008; Durmuş ve Kızılkaya, 2016; Kızılkaya vd., 2019; Özdemir vd., 2018) ancak, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde dehidrogenaz enzim aktivitelerinin incelendiği ve tartışabileceğimiz başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Toprakta teksel bünye elemanlarından (kum-mil-kil) strüktürel yapıların oluşumu ve agregatların gelişmesi, toprak-bitki-su ilişkileri açısından çok önemlidir. Toprakta özellikle suya dayanıklı agregatların toprakta verimliliği, korunmasını (erozyona dayanma) ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından çok önemli bir fiziksel toprak özelliğidir (Andrews ve Carroll, 2001; Brevik vd., 2015). Toprak partiküllerinin kararlı mikro-agregatlar oluşturmak için organik kolloid, inorganik kolloid ve organik-inorganik kompleksler ile çimentolandığını; bunu sağlamada ise mikroorganizmalar, ürün artıkları, polisakaritler, bitki kökleri ve köklere bağlanan mikorizal hifler gibi geçici çimentolayıcıların etkisinin büyük olduğunu ve agregatları bu tür yapıların oluşturduğu ifade edilmiştir (Gao vd., 2021).

Toprakta humus ana organik kolloid madde olup HA gevşek ve gözenekli ağ yapısı ile humusun önemli bir parçasıdır ve karboksil, hidroksil, metoksi, amino grupları ve diğer fonksiyonel grupları içerir. Farklı HA türlerinin toprak agregatlarının oluşumu ve stabilitesi üzerinde farklı etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Huang ve Xu, 2010).

Çalışmamızda agregat stabilitesi bakımından; 60. günde en yüksek suya dayanıklı agregat stabilitesi genellikle HA<sup>-</sup> koşullarda %67.15 ile A uygulamasında ve HA<sup>+</sup> koşullarda

%64.79 ile C uygulamasında görülmüştür. En yüksek değerler 90. günde yine HA<sup>-</sup> koşullarda %49.07 ile A yine uygulamasında ve %48.22 değeriyle de B uygulamasında görülmüştür. HA<sup>-</sup> yokluğunda 120. günde %58.09 ile A uygulaması suya dayanıklı agregat yüzdesi verdiği görülmüştür.

Toprakta agregat stabilitesi'nin 60. günde en düşük değerleri HA<sup>+</sup> koşullarda %43.07 ile K uygulamasında görülmüştür. Bu değerler 90. günde HA<sup>+</sup> koşullarda %36.28 ile K, %34.54 ile B ve %34.47 ile D uygulamasında görülmüştür. HA<sup>+</sup> koşullarda sırasıyla 90.gündeki düşük değerler ise %32.87 ile K, %36.01 ile A, %33.44 ile B, %35.82 ile C ve %33.35 ile D uygulamalarında görülmüştür. HA<sup>-</sup> koşullarda 120. gündeki düşük değer %41.78 ile K uygulamasında görülmüştür. Bu dönemde HA<sup>+</sup> koşullarda düşük değerler %44.66 ile K, %42.48 ile A, %42.91 ile B, %41.68 ile C ve %44.28 ile D uygulamalarında görülmüştür (Tablo 5).

Toprakta agregat stabilitesi ile ilgili çok sayıdaki çalışmaya göre toprağın temel özellikleri ve yapı taşlarına göre agregat dayanıklılığının değiştiğini ifade etmektedirler (Andrews ve Carroll, 2001; Yılmaz vd., 2005; Huang ve Xu, 2010; Brevik vd., 2015; Yakupoğlu vd., 2015; Gao vd., 2021).

Çalışmamızda elde edilen AGREGAT STABİLİTESİ değerleri genel olarak önceki çalışmalara benzer aralıklarda elde edilmiş (Canbolat, 1992; Haynes ve Beare, 1997; Albiach vd., 2001; Yılmaz vd., 2005-2008; İş ve Gülser, 2008; Turgut ve Aksakal, 2010; Sarı ve Öztaş, 2017; Göçük ve Demir, 2021; Gümüş, 2019; Kızılkaya vd., 2019) ancak, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde agregat stabilitesi incelendiği ve tartışabileceğimiz başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Azot doğada canlılar için karbon, oksijen ve hidrojen sonra en çok gerekli olan (Galloway vd., 2008) ve atmosferde en çok bulunan elementtir. Azot atmosferden sonra en çok karasal ekosistemde bulunmakta ve toplam azot fiksasyonunun yarısından antropojenik olaylar sorumludur, diğer yarısından ise doğal mikroorganizmalar sorumludur (Fowler vd., 2013). Doğadaki bitkilerin çoğu atmosferik azottan doğrudan yararlanamamaktadır, karasal ekosistemindeki bazı bitkiler *Rhizobium* bakterileri ile simbiyotik yaşayarak toprak havasındaki atmosferik azottan doğrudan yararlanırsa da dünya çapında bitkisel gıda ve

dolayısıyla azot fiksasyonu ihtiyacı giderek artmaktadır. Toprağa fikse olan azotun bitkiler tarafından alınabilmeleri açısından Amonyum ve Nitrat bileşikleri halinde bulunmalıdır (Kacar, 2009; Zhang vd., 2020-2021).

Çalışmamızda toprağa HA ve MGU yapıldıktan sonra ekstrakte edilen amonyum değişimleri örnekleme dönemlerine göre incelenmiş ve ilk örneklemede (60. Günde) en yüksek değerler humik asitli koşullarda sırasıyla  $4.020 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $4.186 \mu\text{g g}^{-1}$  değerleri ile A ve B uygulamalarında görülmüştür. Amonyum 90. günde  $\text{HA}^-$  koşullarda  $2.789 \mu\text{g g}^{-1}$  ile A uygulamasında ve  $\text{HA}^+$  koşullarda  $2.823 \mu\text{g g}^{-1}$  ile B uygulaması görülmüştür. 120. günde ise  $4.727 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $5.227 \mu\text{g g}^{-1}$  değerleri ile A ve B uygulamalarında olduğu görülmüştür. En düşük  $\text{NH}_4$  miktarları 60. günde hem  $\text{HA}^-$  hem de  $\text{HA}^+$  koşullarda sırasıyla  $1.516 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $0.380 \mu\text{g g}^{-1}$  ile kontrol uygulamalarında görülmüşken, 90. günde  $\text{HA}^+$  koşullarda  $1.346 \mu\text{g g}^{-1}$  ile K uygulamasında olmuştur. Amonyum miktarları 120. günde humik asitli koşulda  $0.739 \mu\text{g g}^{-1}$  değeri ile yine K uygulamasında görülmüştür (Tablo 5).

Nitrat bakımından ise çalışmamızdaki en yüksek ve en düşük değerler ele alındığında 60. günde en yüksek değer  $\text{HA}^-$  koşullarda  $5.227 \mu\text{g g}^{-1}$  ile B uygulamasında iken, 90. günde  $\text{HA}^+$  koşullarda  $4.716 \mu\text{g g}^{-1}$  ile B uygulamasında görülmüştür. Bu değer 120. günde ise  $\text{HA}^-$  koşullarda  $5.057 \mu\text{g g}^{-1}$  ile C uygulamasında görülmüştür. En düşük değerler 60. günde  $\text{HA}^+$  koşullarda  $0.739 \mu\text{g g}^{-1}$  ile K uygulamasında iken, 90. günde  $\text{HA}^-$  koşullarda  $1.079 \mu\text{g g}^{-1}$  ile B uygulamasında olmuş ve 120. günde ise  $\text{HA}^-$  koşullarda  $2.557 \mu\text{g g}^{-1}$  ile A uygulaması ve  $\text{HA}^+$  koşullarda  $2.5568 \mu\text{g g}^{-1}$  ile D uygulamasında görülmüştür (Tablo 5).

Topraklarda azot çok dinamik bir element olup, toplam ve ekstrakte edilebilir amonyum ve nitrat değerleri toprağın birçok özelliğine göre değişmekte (Maynard vd., 1993; Bellitürk vd., 2007; Kacar, 2009; Günal vd., 2017; Erdil vd.,2018; Aydın vd., 2018; Zhang vd., 2021) ve çalışmamızda elde edilen değerlerle örtüşmektedir. Ancak, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği toprakları üzerinde  $\text{NH}_4$  değişimlerinin HA ve MGU sonrası incelendiği ve tartışabileceğimiz başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda elde edilen değerlerle bildirilen değerler sıklıkla benzeşmemektedir, bu durumun nedeni olarak diğer çalışmaların farklı topraklarda, farklı ekstraksiyon metatlarıyla elde edilmeleri ve toprağa yapılan farklı uygulamalar olduğu düşünülmektedir.

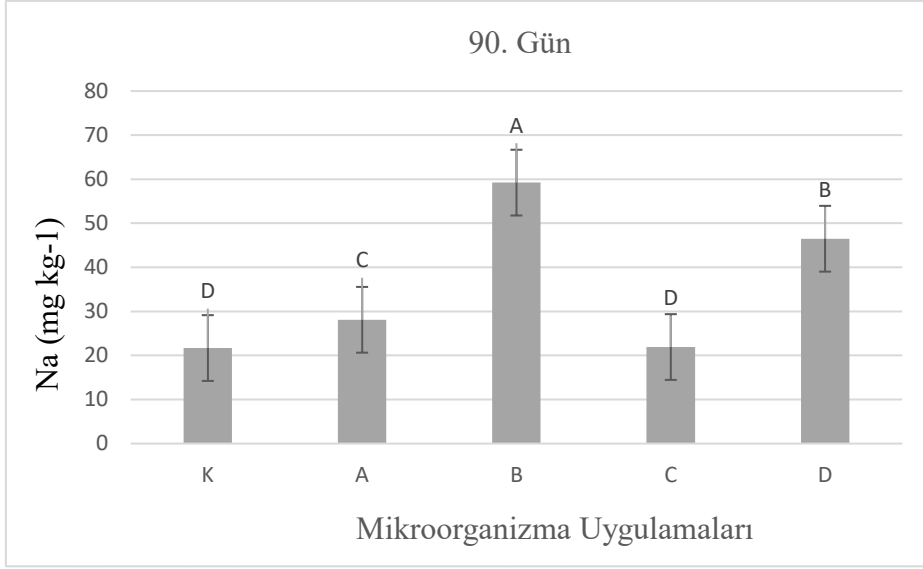


## **4.2. Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamalarının AB-DTPA Çözeltilisiyle Ekstrakte Edilebilir Makro-Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkileri**

Farklı bakteriyel uygulamalar humik asit varlığında ve yokluğunda topraklara önerilen dozlarda uygulandıktan sonra 60, 90 ve 120. günlerde inkübasyon şartlarında tutularak topraklardan örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler AB-DTPA çözeltisiyle ekstrakte edilerek ekstraksiyon solüsyonunda Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn ve B elementlerinin analizleri yapılmış ve bu elementlerin uygulamalara ve zamana göre değişimleri ile ilgili VA tabloları Tablo 6'da verilmiştir. Uygulamaların etkisiyle incelenen toprak özelliklerinden istatistiksel olarak önemli derecede değişim gösterenler ortalama değerleri üzerinden gruplandırılarak istatistiksel farklılıkların önem dereceleri Tablo 7'de verilmiştir.

Topraklarda alınabilir besin element miktarları toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal olaylarına bağlı değişmektedir. Aynı topraklara yapılan farklı uygulamaların etkisiyle de topraklarda alınabilir besin elementlerinin miktarları değişebilir (Kraus vd., 2003; Karaca vd., 2011; Jat vd., 2020). Akkuş (2009), yaptığı çalışmada Na miktarını 54.5 mg kg<sup>-1</sup> ile 653.1 mg kg<sup>-1</sup> değerleri arasında değiştiğini, Uzunboy ve Türkmen (2018) belirtmiştir.

Elde edilen verilerden alınabilir Na değerleri ele alınınca 60. ve 120. günlerde HA x MGU interaksyonu önemli olmuşken; 90. günde interaksyon etkisi önemsiz olmuş ve sadece MGU'nın tek başına önemli değişimler gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 6, Şekil 10). Tablo 7 incelendiğinde Na bakımından 60. günde en düşük değer HA+ şartlarda 27.30 mg kg<sup>-1</sup> görülmüş, 90. günde önemsiz değişimle beraber HA+ koşullarda 21.37 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. En düşük alınabilir Na 120. günde HA+ koşullarda 23.66 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile kontrol uygulamasında görülmüştür.



Şekil 10. Alınabilir Na değerlerinin mikrobiyal gübre uygulamalarına göre değişimleri

Alınabilir sodyumun interaksiyon etkisindeki 60. gün en büyük değerleri HA<sup>+</sup> durumunda B uygulamasında (62.80 mg kg<sup>-1</sup>) ve sonraki değer HA<sup>-</sup> durumunda yine B uygulamasında (60.35 mg kg<sup>-1</sup>) görülmüştür. Bu değerler 120. günde HA<sup>-</sup> şartlarında sırayla 57.70 ve 49.70 mg kg<sup>-1</sup> değerleri ile B ve D uygulamalarında görülmüştür. İnkübasyonun 90. gününde uygulamaların birlikte etkisi ve HA etkisi tek başına önemsiz olmuş ancak MGU'ları tek başına önemli olmuştur. Çalışmamızda elde edilen değerlerle bildirilen değerler (Akkuş 2009; Uzunboy ve Türkmen, 2018) sıklıkla benzeşmemektedir, bu durumun nedeni olarak diğer çalışmaların farklı topraklarda, farklı ekstraksiyon metatlarıyla elde edilmeleri ve toprağa yapılan farklı uygulamalar olduğu düşünülmektedir.

Benzer durum B elementinde 60. gün verilerinde görülmüştür. HA uygulamaları ile B miktarları arasında istatistiksel fark bulunmazken (Tablo 7, Şekil 11), 90 ve 120. günlerde mikrobiyal uygulamaların interaksiyon etkileri önemli olmuştur (Tablo 7, Şekil 12).

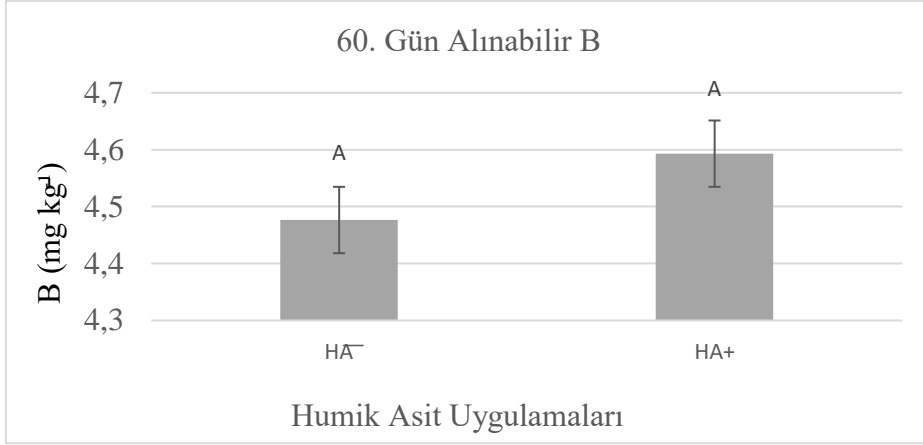
Alınabilir bor değerleri 90.günde en yüksek HA<sup>-</sup> şartlarında 4.465 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında; 120. günde ise 4.868 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında ve HA<sup>+</sup> şartlarında elde edilmiştir.

Tablo 6

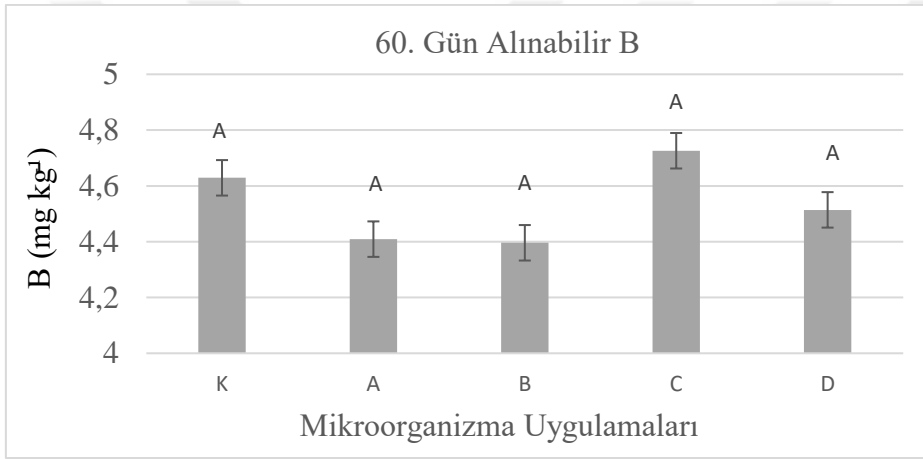
Humik asit ve mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözültüsüyle ekstrakte edilebilir makro-mikro besin elementlerine ait VA tablosu

<i>Varyasyon Kaynağı/Özellik</i>	<i>Serb. Der.</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Serb. Der.</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>F Değeri</i>	<i>Serb. Der.</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>F Değeri</i>
<b>Sodyum</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	7276	-	39	8994	-	39	4762	-
HA	1	1.500	1.7450 <sup>öd</sup>	1	2.050	1.0042 <sup>öd</sup>	1	225.8	150.6132***
MO	4	7223	2100.8650***	4	8910	1092.4461***	4	3945	658.0257***
HA x MGU	4	24.95	7.2570***	4	20.98	2.5718 <sup>öd</sup>	4	546.0	91.0715***
Hata	30	25.79	-	30	61.17	-	30	44.97	-
<b>Potasyum</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	1460	-	39	1698	-	39	6011	-
HA	1	1.030	0.0254 <sup>öd</sup>	1	27.99	1.3632 <sup>öd</sup>	1	199.0	9.4582***
MO	4	1279	79.2440***	4	1568	190.8872***	4	4843	57.5416***
HA x MGU	4	594.1	3.6786*	4	661.5	8.0550***	4	336.9	4.0019**
Hata	30	1211	-	30	615.9	-	30	631.4	-
<b>Kalsiyum</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	1164	-	39	2001	-	39	5625	-
HA	1	5189	63.9210***	1	9355	6.6804*	1	2039	63.2648***
MO	4	2693	8.2939***	4	1002	17.8875***	4	1352	10.4864***
HA x MGU	4	1328	4.0904***	4	4856	8.6683***	4	1267	9.8264***
Hata	30	2436	-	30	4201	-	30	9669	-
<b>Magnezyum</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	8214	-	39	1774	-	39	7907	-
HA	1	543.1	6.6644*	1	8537	204.6496***	1	7526	96.4215***
MO	4	3015	9.2508***	4	3683	22.0717***	4	4520	144.7788***
HA x MGU	4	2211	6.7821***	4	4271	25.6008***	4	2399	76.8500***
Hata	30	2445	-	30	1251	-	30	2341	-
<b>Fosfor</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	3952	-	39	3566	-	39	817.2	-
HA	1	1046	8655.1953***	1	89.49	55.1931***	1	0.360	1.3426 <sup>öd</sup>
MO	4	1472	3045.8260***	4	472.6	72.8785***	4	423.2	395.2747***
HA x MGU	4	1431	2960.4615***	4	2955	455.6786***	4	385.7	360.2369***
Hata	30	36.24	-	30	48.64	-	30	8.030	-
<b>Demir</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	1350	-	39	589.9	-	39	370.9	-
HA	1	25.27	64.6882***	1	27.24	5.2467*	1	10.50	4.4026**
MO	4	5176	3311.8780***	4	274.8	13.2331***	4	65.89	6.9011***
HA x MGU	4	8292	5305.6117***	4	131.9	6.3542***	4	222.9	23.3559***
Hata	30	11.72	-	30	155.8	-	30	71.60	-
<b>Bakır</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	35.00	-	39	36.07	-	39	25.25	-
HA	1	0.070	0.1925 <sup>öd</sup>	1	0.800	2.2343 <sup>öd</sup>	1	1.230	7.5275**
MO	4	17.69	11.2124***	4	12.10	8.4429***	4	2.440	3.7385**
HA x MGU	4	5.390	3.4208*	4	12.42	8.6674***	4	16.67	25.5005***
Hata	30	11.83	-	30	10.75	-	30	4.900	-
<b>Çinko</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	14.81	-	39	7.980	-	39	8.280	-
HA	1	0.280	3.2328 <sup>öd</sup>	1	0.260	4.7441*	1	0.550	6.1601**
MO	4	5.940	17.1200***	4	5.170	23.4973***	4	2.510	7.0278***
HA x MGU	4	5.990	17.2648***	4	0.890	4.0324***	4	2.520	7.0485***
Hata	30	2.600	-	30	1.650	-	30	2.690	-
<b>Mangan</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	116.7	-	39	188.3	-	39	52.24	-
HA	1	53.14	196.1***	1	16.69	14.1206***	1	7.960	38.2524***
MO	4	47.35	43.69***	4	120.7	25.5151***	4	27.23	32.7159***
HA x MGU	4	8.110	7.482***	4	15.53	3.2844*	4	10.81	12.9884***
Hata	30	8.130	-	30	35.46	-	30	6.240	-
<b>Bor</b>		<b>(60.gün)</b>			<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>	
Genel	39	2.840	-	39	2.630	-	39	2.950	-
HA	1	0.130	2.225 <sup>öd</sup>	1	0.010	0.152 <sup>öd</sup>	1	0.670	26.63***
MO	4	0.650	2.650 <sup>öd</sup>	4	0.440	2.229 <sup>öd</sup>	4	1.180	11.76***
HA x MGU	4	0.230	0.935 <sup>öd</sup>	4	0.680	3.417*	4	0.340	3.424**
Hata	30	1.830	-	30	1.490	-	30	0.750	-

\*:  $p \leq 0.050$ , \*\*:  $p \leq 0.010$ , \*\*\*:  $p \leq 0.001$ , öd: önemli değil



Şekil 11. Bor elementinin 60. gün humik asit uygulamasına göre değişimi



Şekil 12. Mikrobiyal uygulamaların topraktan alınabilir bor seviyelerine etkileri

Makro elementlerden Potasyum (K) bakımından 60. günde en yüksek değerler HA⁻ koşullarda 211.12 mg kg⁻¹ ile D uygulamasından ve HA⁺ koşullarda 210.98 mg kg⁻¹ ile yine D uygulamasından elde edilmiştir. Potasyumun 90. günde alınabilir miktarları HA⁻ koşullarda 233.60 mg kg⁻¹ ile D uygulamasından, HA⁺ koşullarda 222.20 mg kg⁻¹ ile yine D uygulamasından elde edilmiş olup, 120. günde HA⁻ koşullarda bu değer 203.88 mg kg⁻¹ ile D mikrobiyal uygulamasında görülmüştür.

Düşük değerler bakımından potasyum elementi 60. günde HA⁺ koşullarda 149.25 mg kg⁻¹ ile kontrol uygulamasında elde edilmişken, 90. günde HA⁻ koşullarda 163.18 mg kg⁻¹ ile C uygulaması ve humik asitli koşullarda 164.38 mg kg⁻¹ ile kontrol uygulamasında olup, 120. günde HA⁺ koşullarda 162.90 mg kg⁻¹ ile yine kontrol uygulamasında olduğu görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7

Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözültisiyle ekstrakte edilebilir makro-mikro besin elementleri üzerine etkileri

60. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	29.32 f	33.51 e	60.35 b	28.39 fg	51.31 c	27.30 g	35.20 d	62.80 a	27.90 g	51.61 c	
K (mg kg <sup>-1</sup> )	163.7 c	173.0 b	170.6 bc	171.0 bc	211.1 a	149.3 d	176.9 b	177.0 b	176.9 b	211.0 a	
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	22227 f	23137 ef	23270 def	23452 def	23507def	23679 de	25224 bc	27622 a	25933 b	24527 cd	
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	250.0 d	288.2 a	255.6 cd	252.5 cd	264.9 bc	247.9 d	251.7 d	255.5 cd	248.9 d	270.4 b	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	9.558 de	10.16 d	7.269 f	8.839 def	8.260 ef	106.6 a	8.549 ef	4.156 g	26.97 c	59.51 b	
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	5.498 c	54.39 a	5.003 c	5.174 c	5.600 c	47.49 b	5.450 c	4.886 c	4.942 c	4.952 c	
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	16.11 cde	15.80 de	16.08 cde	16.01 cde	18.28 a	15.42 e	16.17bcde	16.48 bcd	16.71 bc	17.06 b	
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	6.486 ab	5.771 cd	5.302 ef	5.494 def	6.663 a	5.285 f	6.731 a	6.151 bc	5.720 de	6.666 a	
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	14.05 bc	16.87 a	14.50 b	13.38 cd	14.06 bc	10.86 f	14.05 bc	12.61 e	12.66 de	11.16 f	
B (mg kg <sup>-1</sup> )	4.601 öd	4.396 öd	4.316 öd	4.532 öd	4.538 öd	4.658 öd	4.422 öd	4.477 öd	4.920 öd	4.490 öd	
90. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	22.00 öd	27.91 öd	57.60 öd	21.98 öd	46.79 öd	21.37 öd	28.28 öd	60.85 öd	21.85 öd	46.18 öd	
K (mg kg <sup>-1</sup> )	175.4 c	179.3 bc	176.2 c	163.2 d	223.6 a	164.4 d	184.8 b	177.9 c	176.9 c	222.2 a	
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	20309 a	18651 cd	18392 def	18096 ef	18048 f	19276 b	18991 bc	19125 bc	19026 bc	18609 cde	
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	87.48 f	81.76 f	84.97 f	86.90 f	89.71 ef	120.6 b	106.8 c	151.6 a	100.8 cd	97.18 de	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	29.34 de	30.73 d	27.53 ef	47.26 a	26.22 f	26.29 f	34.14 c	45.19 b	21.39 g	49.02 a	
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	83.74 b	87.61 a	78.65 def	76.08 f	82.75 bc	77.04 ef	83.31 b	79.96 cde	79.40 de	80.86 bcd	
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	23.56 a	22.31 cd	21.68 de	20.90 e	23.49 ab	22.17 cd	22.64 bc	22.34 cd	22.92 abc	23.29 ab	
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	6.378 e	7.347 ab	6.554 de	6.807 cd	7.619 a	6.868 cd	7.119 bc	6.717 d	7.301 ab	7.508 a	
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	31.41 de	36.13 a	32.09 cde	30.82 e	32.58bcd	31.02 de	36.77 a	34.09 b	34.09 b	33.53 bc	
B (mg kg <sup>-1</sup> )	4.226 ab	4.465 a	4.167 abc	3.847 c	4.046 bc	4.028 bc	4.096 bc	4.349 ab	4.125 bc	4.290 ab	
120. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	24.24 g	32.63 e	57.70 a	26.19 f	49.70 b	23.66 g	33.87 e	39.84 d	27.58 f	41.75 c	
K (mg kg <sup>-1</sup> )	170.9 def	181.9 c	172.0 def	170.2 ef	203.9 a	162.9 g	177.3 cd	168.8 fg	175.6 cde	191.9 b	
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	25553 cd	25759 cd	25392 d	25601 cd	25883 cd	28498 a	25395 d	26310 bc	27062 b	28062 a	
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	122.8 e	261.6 bc	274.1 ab	254.6 cd	274.2 ab	245.8 d	278.3 a	262.5 bc	268.2 ab	269.6 ab	
P (mg kg <sup>-1</sup> )	9.298 d	10.37 c	5.579 g	12.26 b	11.06 c	5.064 g	21.53 a	8.659 d	7.690 e	6.573 f	
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	54.16 ab	51.19 cd	52.36 bc	48.07 ef	50.78 cd	47.36 f	55.62 a	54.11 ab	54.91 a	49.69 de	
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	17.49 a	15.95 ef	16.42 de	15.34 g	16.89bcd	15.68 fg	17.13 ab	17.51 a	17.06 abc	16.49 cde	
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	5.848 a	5.321 bc	5.726 ab	5.150 c	5.858 a	4.679 d	5.397 bc	5.932 a	5.209 c	5.513 abc	
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	9.609 de	10.46 bc	9.308 ef	8.854 f	8.950 f	9.062 ef	12.37 a	9.979 cd	11.07 b	9.151 ef	
B (mg kg <sup>-1</sup> )	4.282 de	4.134 e	4.370 cd	4.553 bc	4.473 cd	4.743 ab	4.405 cd	4.280 de	4.868 a	4.808 a	

\* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Öd: Önemli değil.

Potasyumun topraklardaki miktarları diğer elementlere göre genellikle fazla bulunmakta ve bu toprağın kil tipi ve mikrarına göre de değişmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978; Soltanpour, 1991). Topraklarda alınabilir besin elementleri toprağın temel

özelliklerine ve yapılan uygulamalara göre değişebilir (Kraus vd., 2003; Jat vd., 2020). Çalışmamızın topraklarının da alındığı ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesinden temin ettikleri toprak numunesinde 109.2 mg kg<sup>-1</sup> alınabilir K miktarı olduğunu bildirmiş (Rakıcı, 2010; Rakıcı ve Öztokat Kuzucu, 2015) ancak çalışmamızla kıyaslayabileceğimiz HA ve MGU yapıldığı başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Toprakların alınabilir Ca miktarları genellikle ana materyal ve iklimin etkisiyle çok değişkenlik göstermektedir (Soltanpour, 1991). Mutlak gerekli elementlerden olan Ca elementi (Marschner, 1997) çalışmamızın 60. günde en yüksek değere HA<sup>+</sup> koşullarda 27 622 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında ulaşmış, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 20 309 mg kg<sup>-1</sup> değeriyle kontrol uygulamasında görülmüş ve 120. günde HA<sup>+</sup> koşullarda sırasıyla K ve D (28 498 mg kg<sup>-1</sup> ve 28 062 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamalarından elde edilmiştir.

Kalsiyum elementinin 60. günde en düşük değeri HA<sup>-</sup> koşullarda 22 227 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında iken, 90. günde yine HA<sup>-</sup> koşullarda 18 048 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile D uygulamasında olmuştur. 120. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 25 392 mg kg<sup>-1</sup> Ca değeri ile B uygulamasında ve HA<sup>+</sup> koşullarda 25 395 mg kg<sup>-1</sup> Ca değeri ile A uygulamasında görülmüştür (Tablo 7).

Kalsiyumun topraklardaki alınabilir miktarları ana materyal ve iklim faktörlerine göre değişmektedir (Lindsay ve Norvell, 1978; Soltanpour, 1991). Rakıcı (2010), çalışmamızın topraklarının da alındığı ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesinden temin ettikleri toprak numunesinde 6 257 mg kg<sup>-1</sup> Ca miktarı bulunduğunu bildirmiştir. Aynı topraklarda Uzunboy ve Türkmen (2018)'in yaptıkları başka bir çalışmada ise 26 798.9 mg kg<sup>-1</sup> alınabilir Ca olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen değerlerle bildirilen değerler sıklıkla benzeşmemektedir, bu durumun nedeni olarak diğer çalışmaların farklı topraklarda, farklı ekstraksiyon metatlarıyla elde edilmeleri ve toprağa yapılan farklı uygulamalar olduğu düşünülmektedir.

Uygulamaların etkisiyle Mg elementinin alınabilir miktarları bakımından 60. günde en yüksek değerleri HA<sup>-</sup> koşullarda 288.17 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında iken; 90. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 151.57 mg kg<sup>-1</sup> Mg ile B uygulamasında olmuştur, 120. günde ise en yüksek değer HA<sup>+</sup> koşullarda 278.25 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında görülmüştür.

Mg için en düşük değerler 60. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 249.98 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında ve HA<sup>+</sup> koşullarda 247.85 mg kg<sup>-1</sup> Mg ile yine kontrol uygulamasında, 251.70 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında ve 248.85 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında görülmüştür. 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 87.48 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında, 81.757 mg kg<sup>-1</sup> Mg ile A uygulamasında, 84.97 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında ve 86.90 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında olmuştur, 120. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 122.80 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında görülmüştür (Tablo 7).

Aynı topraklarda Uzunboy ve Türkmen (2018) ise 8 628 mg kg<sup>-1</sup> Alınabilir Mg olduğunu bildirmiştir. Özkan ve Müftüoğlu (2017), yaptıkları çalışmada toprakta Mg miktarının 119 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkiler tarafından P alınabilirlikleri, toprakların sorpsiyon/desorpsiyon ve çökme/çözünme gibi fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar ile bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından alımın şeklinde immobilizasyon ve en sonunda da ölü dokular ve atıkların biyolojik süreçlerle mineralizasyonu gibi birçok olaylar tarafından kontrol edilir (Lindsay ve Norvell, 1978; Soltanpour, 1991; Sharpley, 2000; Ruttenberg, 2003).

Çalışmamızda uygulamalara göre alınabilir P değişimleri AB-DTPA ekstraksiyonuna göre 60. günde en yüksek değere HA<sup>+</sup> koşullarda 106.60 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 47.26 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında ve HA<sup>+</sup> koşullarda 49.022 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulamasında olmuştur. Alınabilir P değeri 120. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 21.530 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında en yüksek değere ulaşmıştır.

En düşük P değerleri bakımından 60. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 4.1563 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında görülen değerler, 90. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 21.390 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında elde edilmiştir. 120. günde ise HA<sup>-</sup> koşullarda 5.579 mg kg<sup>-1</sup> ile B ve HA<sup>+</sup> koşullarda 5.0635 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında görülmüştür (Tablo 7).

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre HA ve MGU'nun birlikte interaksiyon etkileri P alınabilirliğini önemli seviyelerde etkilemiştir. Bu etki HA varlığı ve yokluğuna göre değiştiği gibi MGU'nun tipine göre de değişmektedir. Çalışmamızda elde edilen alınabilir P miktarları genel anlamda literatüre uyumlu olmuş (Soltanpour, 1991; Sharpley,

2000; Ruttenberg, 2003; Katkat vd., 2006; Karaca vd., 2006; Rakıcı, 2010; Turgay vd., 2011; Namlı vd., 2017; Tarakçıoğlu vd., 2019), ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU'nun yapıldığı başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Mutlak gerekli bitki besin elementlerinden mikro elementler olarak adlandırılan Fe, Cu, Zn, Mn, Mo ve B gibi elementlerin topraklarda alınabilir miktarları ppm seviyelerinde (Soltanpour, 1991) bulunmakta ve alınabilirlikleri toprak özelliklerine göre değişmektedir (Soltanpour, 1991; Kraus vd., 2003; Jat vd., 2020). Bu elementlerin bitkilerde toplam miktarları genellikle bitki türlerine ve bitkinin kısımlarına göre değişmekle birlikte (Marschner, 1997) yine ppm seviyelerinde bulunmaktadır.

Bu elementlerden Fe çalışmamızdaki enyüksek alınabilir miktarları bakımından incelendiğinde yapılan uygulamaların etkisiyle 60. günde en yüksek değere HA<sup>-</sup> koşullarda 54.388 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında ulaşılmışken, 90. günde yine HA<sup>-</sup> koşullarda 87.605 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile yine A uygulamasında görülmüştür. 120. günde ise HA<sup>+</sup> koşullar ön plana çıkmış, 55.615 mg kg<sup>-1</sup> ile A ve 54.908 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamalarında en yüksek değerler görülmüştür.

Fe'in düşük alınabilir miktarları 60. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 5.498 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol, 5.003 mg kg<sup>-1</sup> ile B, 5.1737 mg kg<sup>-1</sup> ile C ve 5.5995 mg kg<sup>-1</sup> değerleri ile D uygulamalarında görülmüştür. Bu değerler 60. günde ve HA<sup>+</sup> koşullarda 5.4497 mg kg<sup>-1</sup> ile A, 4.8857 mg kg<sup>-1</sup> ile B, 4.942 mg kg<sup>-1</sup> ile C ve 4.9517 mg kg<sup>-1</sup> değerleri ile D uygulamalarında görülmüştür. Demirin 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 76.08 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında alınabilir miktarları azalırken, 120. günde bu kez HA<sup>+</sup> koşullarda 47.360 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında azaldığı görülmüştür (Tablo 7).

Humik asit uygulamaları topraktaki mikro besin elementlerinin yararışlılığını artırdığı yönünde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Obatolu, 1982; Flis-Bujak ve Turski, 1975; Lee ve Bartlett, 1976; Turgay vd., 2011; Gökmen Yılmaz vd., 2012; Karaman vd., 2012; Türkmen ve Sungur, 2014; Köse, 2015).

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre HA ve MGU'nun birlikte interaksiyon etkileri Fe alınabilirliğini önemli seviyelerde etkilemiştir. Bu etki HA'e göre değiştiği gibi



MGU'na göre de değişmektedir. Çalışmamızda elde edilen alınabilir Fe miktarları genel anlamda literatüre uyumlu olmuş (Puustjarvi, 1980; Soltanpour, 1991; Katkat vd., 2006; Kızılkaya vd., 1998; Karaca vd., 2006; Rakıcı, 2010; Türkmen ve Sungur, 2014; Karaca, 2016; Namlı vd., 2017; Ergün, 2017; Tarakçıoğlu vd., 2019; Binbir, 2021), ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU'nın yapıldığı ve alınabilir Fe miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızda elde edilen diğer alınabilir mikro element (Cu, Zn, Mn) miktarları da genel anlamda literatüre uyumlu olmuş (Puustjarvi, 1980; Soltanpour, 1991; Katkat vd., 2006; Kızılkaya vd., 1998; Karaca vd., 2006; Rakıcı, 2010; Turgay vd., 2011; Türkmen ve Sungur, 2014; Karaca, 2016; Namlı vd., 2017; Ergün, 2017; Tarakçıoğlu vd., 2019; Binbir, 2021), ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU'nın yapıldığı ve alınabilir Cu, Zn ve Mn miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Bunlardan Cu; 60. günde en yüksek değere HA<sup>-</sup> koşullarda 18.278 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile D uygulamasında, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 23.560 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında görülmüş olup, bu değerler 120. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 17.490 mg kg<sup>-1</sup> ile yine kontrol uygulamasında ve HA<sup>+</sup> koşullarda 17.505 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında görülmüştür.

Bakırın en düşük değerleri; 60. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 15.415 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile kontrol uygulamasında iken, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 20.897 mg kg<sup>-1</sup> Cu değeri ile C uygulamasında olmuştur. 120. günde bu değerler HA<sup>-</sup> koşullarda 15.340 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile yine C uygulamasında görülmüştür (Tablo 7).

Çinko bitki büyümesinde çok önemli rolü olan mikro elementlerdendir (Marschner, 1997; Cakmak vd., 2004). Çalışmamızda alınabilir Zn bakımından 60. günde en yüksek değerler HA<sup>-</sup> koşullarda 6.663 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulamasında, HA<sup>+</sup> koşullarda 6.731 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında ve 6.666 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile yine D uygulamasında görülmüştür. Çinkonun yüksek seviyeleri 90. günde hem HA<sup>-</sup> koşullarda 7.6185 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile D uygulamasında, hem de HA<sup>+</sup> koşullarda 7.508 mg kg<sup>-1</sup> ile yine D uygulamasında görülmüştür. Bu değerler 120. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 5.848 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulaması ve 5.858 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulamasında; HA<sup>+</sup> koşullarda ise 5.9320 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında görülmüştür.

Çinko'nun uygulamalar sonrası 60. günde en düşük değerleri HA<sup>+</sup> koşullarda 5.285 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında görülmüşken, 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 6.378 mg kg<sup>-1</sup> ile yine kontrol uygulamasında ve 120. günde de HA<sup>+</sup> koşullarda 4.679 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında görülmüştür (Tablo 7).

Çalıştığımız topraklarda elde edilen Zn değerleri literatüre uygundur (Katkat vd., 2006; Kızılkaya vd., 1998; Karaca vd., 2006; Turgay vd., 2011; Türkmen ve Sungur, 2014; Karaca, 2016; Namlı vd., 2017; Ergün, 2017; Tarakçıoğlu vd., 2019; Binbir, 2021), ancak HA ve MGU'nun yapıldığı ve alınabilir Zn miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Toprakların yüksek alınabilir Mn seviyelerine göre 60. günde en yüksek değerler HA<sup>-</sup> koşullarında 16.865 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında görülmüşken, 90. ve 120. günlerde aynı koşullarda sırasıyla 36.132 mg kg<sup>-1</sup> ve 12.373 mg kg<sup>-1</sup> değerleri ile yine A uygulamasında görülmüştür. 120. günde HA<sup>+</sup> şartlarında ise 36.768 mg kg<sup>-1</sup> değerindeki yüksek alınabilir Mn seviyesi yine A uygulamasından elde edilmiştir.

Alınabilir Mn'in en düşük değerleri 60. günde HA<sup>+</sup> koşullarda 10.86 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol ve 11.160 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulamasında görülmüşken, 90. günde bu değerler HA<sup>-</sup> koşullarda 30.82 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında; 120. günde ise yine HA<sup>-</sup> koşullarda 8.854 mg kg<sup>-1</sup> ile C ve 8.950 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulamalarında görülmüştür (Tablo 7).

Çalıştığımız topraklarda elde edilen Mn değerleri literatüre uygundur (Katkat vd., 2006; Kızılkaya vd., 1998; Karaca vd., 2006; Rakıcı, 2010; Turgay vd., 2011; Türkmen ve Sungur, 2014; Karaca, 2016; Namlı vd., 2017; Ergün, 2017; Tarakçıoğlu vd., 2019; Binbir, 2021), ancak HA ve MGU'nun yapıldığı ve alınabilir Mn miktarlarının belirlendiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bor elementinin bitkilerde şeker taşınımı, solunum ve hücre duvarı sentezi gibi fizyolojik olaylarda hayati rolleri vardır (Pilbeam ve Kirkby, 1983; Cakmak ve Römheld, 1997). Toksikite durumunda da verim kayıpları nedeniyle toksisiteyi azaltmak için HA gibi organik materyallerin tarımsal alanlarda kullanılması önerilmektedir (Hakkı vd., 2005).

Çalışmamızda farklı inkübasyon dönemlerinde alınabilir B elementine uygulamaların etkisi AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası incelenmiş ve elde edilen değerlere göre 60. günde uygulamaların interaksiyon etkilerinin önemsiz olduğu görülmüştür. 60. günde B elementinde uygulamalar arasında interaksiyon etkisi görülmemiştir ancak rakam olarak en yüksek B değerinin HA<sup>+</sup> koşullarda 4.920 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında görülmüştür. B değerleri 90. günde HA<sup>-</sup> koşullarda 4.465 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında olmuş, bu dönemde HA<sup>-</sup> durumunda istatistik olarak kontrol ve B uygulamaları ile HA<sup>+</sup> durumunda B ve D uygulamalarından elde edilen veriler aynı grupta kalmıştır. 120. günde ise bu değerlerin HA<sup>+</sup> koşullarda 4.868 mg kg<sup>-1</sup> değeri ve C ve 4.808 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile D uygulamalarından elde edildikleri görülmüştür. Bu dönemde (120. gün) HA<sup>+</sup> durumunda kontrol uygulamasından elde edilen değerler istatistik olarak yine aynı grupta yer almıştır (Tablo 7).

Alınabilir B için en düşük değerler 60. günde uygulamaların istatistiksel olarak interaksiyonu önemsiz olmasına rağmen HA<sup>-</sup> koşullarda 4.316 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulamasında görülmüştür. Diğer iki örnekleme dönemlerinde uygulamaların interaksiyonu önemli olmuş ve 90. günde yine HA<sup>-</sup> koşullarda 3.847 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulamasında görülmüştür. Aynı dönemde HA<sup>-</sup> şartlarda B ve D uygulamaları HA<sup>+</sup> şartlarda ise kontrol, A ve C uygulamaları istatistik olarak aynı grupta kalmıştır. 120. günde de HA<sup>-</sup> koşullarda 4.134 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulamasında görülmüş, bunu aynı istatistik grupta olan 4.282 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile K uygulaması izlemiştir. Bu dönemde HA<sup>+</sup> durumunda 4.280 mg kg<sup>-1</sup> değeri ile B uygulaması da aynı grupta kalmıştır (Tablo 7).

Çalıştığımız topraklarda elde edilen B değerleri literatüre uygundur (Katkat vd., 2006; Karaca vd., 2006; Akkuş, 2009; Karaca, 2016; Namlı vd., 2017; Ergün, 2017; Binbir, 2021), ancak çalışılan topraklarda HA ve MGU'nun yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir B miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

### 4.3. Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamalarının AB-DTPA Çözeltisiyle Ekstrakte Edilebilir Ağır Metaller Üzerine Etkileri

Ağır metallerin doğada az miktarlarda bulunurken giderek artması ve özellikle canlı dokularda birikmesi problemlili bir durumdur, çünkü çoğu organik kirleticinin aksine ağır metaller biyolojik olarak parçalanamazlar ve canlı dokularda birikerek büyük tehdit oluştururlar (Lesmana vd., 2009; Tang vd., 2014; Çakır ve Çimrin, 2018). Ağır metallerin insan sağlığı ve ekosistem öğeleri bakımından önemi nedeniyle çalışmamızda ek olarak Cr, Ni, Cd, Pb ve Mo elementlerinin AB-DTPA ekstraksiyonu ile alınabilir miktarları analiz edilmiş ve istatistiksel değişimleri Tablo 8’de, bu değişimlerin önemlilik dereceleri ve harflendirilme tablosu da Tablo 9’da sunulmuştur.

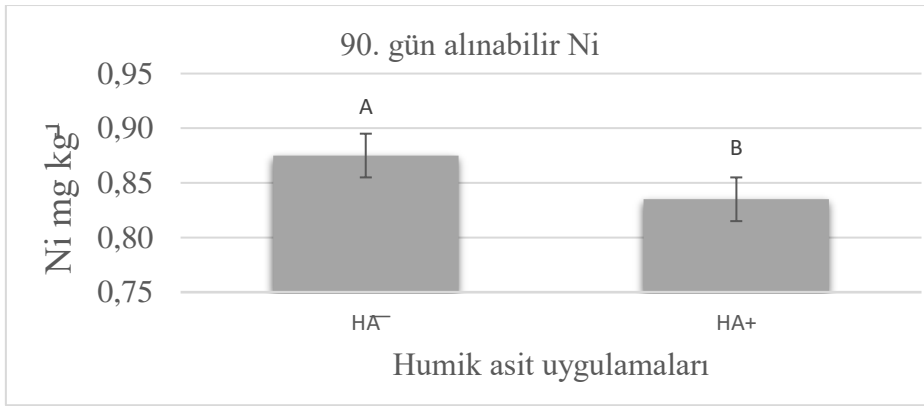
Tablo 8

Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki topraktan AB-DTPA çözeltisiyle ekstrakte edilebilir ağır metaller üzerine etkileri VA tablosu

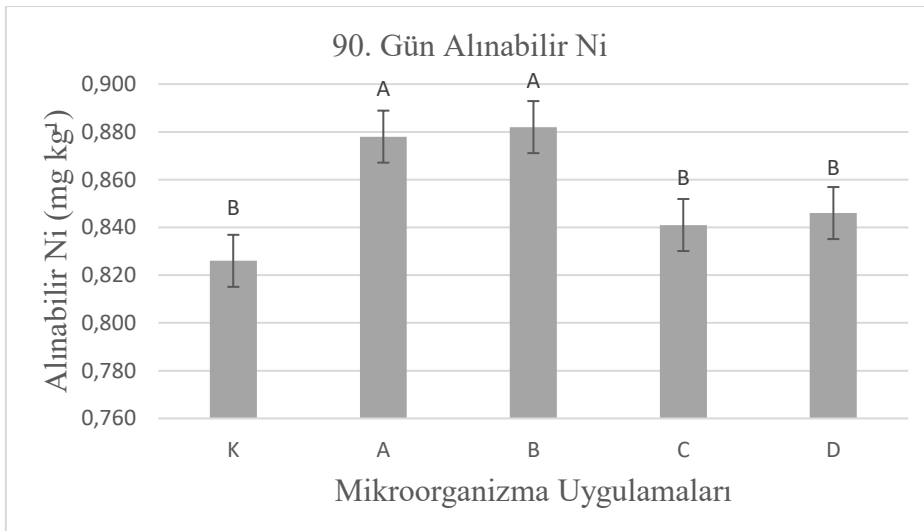
Varyasyon Kaynağı	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri	Serb. Der.	Kareler Toplamı	F Değeri
<b>Krom (60.gün)</b>				<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>		
Genel	39	0.010	-	39	0.010	-	39	0.010	-
HA	1	8.86x10 <sup>-5</sup>	95.0653***	1	2.93x10 <sup>-5</sup>	13.0418**	1	3.70x10 <sup>-5</sup>	44.6775***
MO	4	4.24x10 <sup>-5</sup>	11.3913***	4	6.99x10 <sup>-5</sup>	7.7725***	4	0.010	42.7130***
HA x MGU	4	3.27x10 <sup>-5</sup>	8.7814***	4	3.73x10 <sup>-5</sup>	4.1511**	4	3.18x10 <sup>-5</sup>	9.5856***
Hata	30	2.80x10 <sup>-5</sup>	-	30	6.74x10 <sup>-5</sup>	-	30	2.49x10 <sup>-5</sup>	-
<b>Nikel (60.gün)</b>				<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>		
Genel	39	0.020	-	39	0.050	-	39	0.030	-
HA	1	0.07x10 <sup>-2</sup>	2.5304 <sup>öd</sup>	1	0.020	37.5636***	1	0.03x10 <sup>-2</sup>	1.6637 <sup>öd</sup>
MO	4	0.010	8.3692***	4	0.020	11.0998***	4	0.06x10 <sup>-1</sup>	7.7021***
HA x MGU	4	0.010	7.8221***	4	0.010	1.3548 <sup>öd</sup>	4	0.020	19.0839***
Hata	30	0.010	-	30	0.010	-	30	0.06x10 <sup>-1</sup>	-
<b>Kurşun (60.gün)</b>				<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>		
Genel	39	2.800	-	39	6.340	-	39	1.370	-
HA	1	0.230	32.8386***	1	1.530	30.2183***	1	0.010	1.5736 <sup>öd</sup>
MO	4	2.130	74.4283***	4	1.820	8.9726***	4	1.020	30.4965***
HA x MGU	4	0.210	7.5153***	4	1.470	7.2727***	4	0.080	2.5608 <sup>öd</sup>
Hata	30	0.210	-	30	1.520	-	30	0.250	-
<b>Kadmiyum (60.gün)</b>				<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>		
Genel	39	4.59x10 <sup>-5</sup>	-	39	4.30x10 <sup>-5</sup>	-	39	2.21x10 <sup>-5</sup>	-
HA	1	3.41x10 <sup>-6</sup>	6.6946*	1	1.73x10 <sup>-5</sup>	37.4295***	1	3.40x10 <sup>-6</sup>	4.6196**
MO	4	7.79x10 <sup>-6</sup>	3.8214*	4	6.83x10 <sup>-6</sup>	3.6961**	4	1.17x10 <sup>-5</sup>	3.9662***
HA x MGU	4	1.94x10 <sup>-5</sup>	9.5340***	4	5.03x10 <sup>-6</sup>	2.7238**	4	5.39x10 <sup>-5</sup>	18.3163***
Hata	30	1.53x10 <sup>-5</sup>	-	30	1.38x10 <sup>-5</sup>	-	30	9.11x10 <sup>-5</sup>	-
<b>Molibden (60.gün)</b>				<b>(90.gün)</b>			<b>(120.gün)</b>		
Genel	39	115.4	-	39	138.9	-	39	47.50	-
HA	1	35.63	149.2846***	1	65.52	771.9797***	1	1.340	10.9691***
MO	4	32.14	33.6606***	4	19.64	57.8740***	4	24.45	50.1029***
HA x MGU	4	40.51	42.4316***	4	51.23	150.9183***	4	18.05	36.9924***
Hata	30	7.160	-	30	2.540	-	30	3.660	-

\*:  $p \leq 0.050$ , \*\*:  $p \leq 0.010$ , \*\*\*:  $p \leq 0.001$ , öd: önemli değil

Tablo 8 incelendiğinde, sadece Ni elementinde ve 90. günde uygulamaların interaksiyon etkisinin önemli olmadığı ve uygulamaların ayrı ayrı etkileri bakımından önemli değişimler gösterdiği anlaşılmaktadır (Tablo 8). Uygulamalardan HA durumuna göre AB-DTPA çözeltisiyle ekstrakte edilebilir Ni değerleri HA<sup>-</sup> durumunda yüksek miktarlarda (0.875 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilirken, HA varlığında daha düşük (0.835 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. MGU'na göre Ni değerleri en yüksek A ve B uygulamalarında sırasıyla 0.882 ve 0.878 mg kg<sup>-1</sup> değerleriyle elde edilmişlerdir (Şekil 13; Şekil 14). Bu grupta incelenen diğer tüm elementlerde uygulamaların birlikte etkileri (interaksiyonları) her üç örnekleme döneminde de önemli olmuştur (Tablo 8).



Şekil 13. Humik asit uygulamasına göre alınabilir nikel elementinin 90. gündeki değişimi

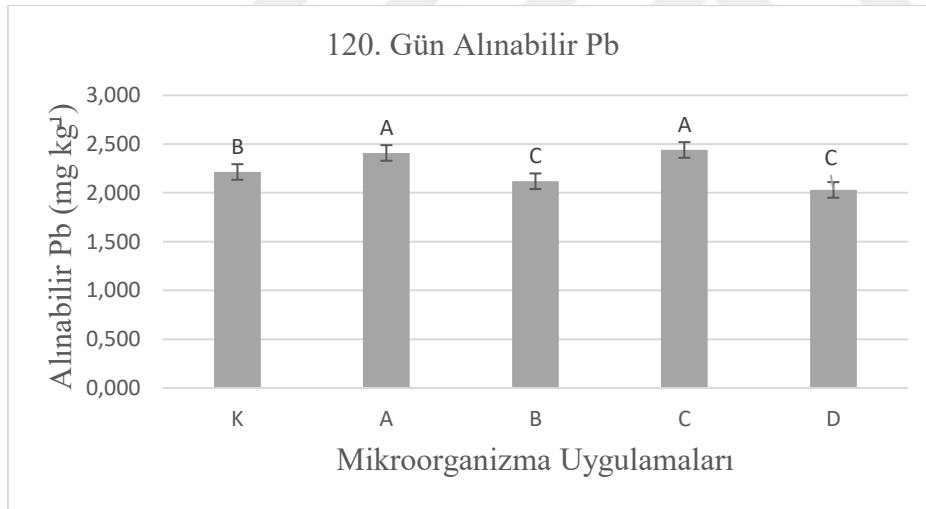


Şekil 14. Mikrobiyal uygulamalara göre alınabilir nikel elementinin 90. gündeki değişimleri

Diğer mikrobiyal uygulamalar kontrol grubuyla aynı grupta yer almış ve A ve B uygulamalarından düşük Ni okumaları gerçekleşmiştir. Kontrol uygulamasındaki 0.826 mg kg<sup>-1</sup> değeri aynı grupta yer alan C ve D uygulamalarından elde edilen miktarlardan (0.841 ve 0.846 mg kg<sup>-1</sup>) düşük seviyelerde kalmıştır (Şekil 14).

Çalışmamızda elde edilen Ni değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Moreno vd., 1999; Karaca vd., 2006; Çimrin, 2011; Çakır ve Çimrin, 2018). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Ni miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Ağır metallerden alınabilir Pb için Tablo 8'e baktığımızda 120. günde hem HA uygulaması ve HA x MGU interaksyonu önemsiz olmuş ancak farklı mikrobiyal uygulamaların tek başına farklılıklara neden oldukları görülmüştür (Şekil 15). Diğer örnekleme dönemlerinde uygulamaların interaksyonu önemli olmuştur (Tablo 9).



Şekil 15. Mikroorganizma uygulamalarının alınabilir kurşuna 120. gündeki etkisi

Mikroorganizma uygulamaları alınabilir Pb miktarlarını 120. günde önemli derecelerde değiştirmiştir (Tablo 9). Kontrol uygulaması değerlerine göre (2.214 mg kg<sup>-1</sup>) A ve C uygulamaları sonucu yüksek alınabilir Pb değerleri (sırayla 2.408 ve 2.440 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilirken; B ve D uygulamalarının etkisi kontrole göre düşük Pb değerlerine (sırayla 2.119 ve 2.030 mg kg<sup>-1</sup>) neden olmuştur (Şekil 15).

Çalışmamızda elde edilen Pb değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Moreno vd., 1999; Karaca vd., 2006; Çimrin, 2011; Çakır ve Çimrin, 2018; Sun vd., 2018). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Pb miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Tablo 9

Humik asit ve farklı mikroorganizma uygulamalarının 60, 90 ve 120. günlerdeki AB-DTPA çözeltisiyle ekstrakte edilebilir ağır metaller üzerine etkileri

60. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0270 a	0.0233 cd	0.0230 cde	0.0251 b	0.0238 bc	0.0218 e	0.0225 cde	0.0219 e	0.0222 de	0.0189 f	
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0.6595 b	0.6740 ab	0.6572 b	0.6578 b	0.6618 ab	0.6078 c	0.6718 ab	0.6748 ab	0.6870 a	0.6255 c	
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	2.908 a	2.892 a	2.623 c	2.932 a	2.352 d	2.512 c	2.955 a	2.512 c	2.769 b	2.193 e	
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0215 bc	0.0203 d	0.0204 cd	0.0204 cd	0.0221 ab	0.0203 d	0.0217 b	0.0212bcd	0.0231 a	0.0215 bc	
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	7.609 f	9.813 ab	10.30 a	8.471 de	9.295 bc	7.942 ef	4.265 h	8.428 de	6.616 g	8.797 cd	
90. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0490 b	0.0512 a	0.0486 b	0.0471 b	0.0485 b	0.0488 b	0.0528 a	0.0521 a	0.0513 a	0.0479 b	
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0.8490 <sup>öd</sup>	0.8995 <sup>öd</sup>	0.9088 <sup>öd</sup>	0.8463 <sup>öd</sup>	0.8695 <sup>öd</sup>	0.8033 <sup>öd</sup>	0.8565 <sup>öd</sup>	0.8555 <sup>öd</sup>	0.8363 <sup>öd</sup>	0.8223 <sup>öd</sup>	
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	2.845 cde	3.022 bc	3.863 a	3.226 b	2.843 cde	2.849 cde	2.934 bcd	2.864 cde	2.547 e	2.647 de	
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0094 bc	0.0079 d	0.0086 cd	0.0082 d	0.0094 bc	0.0101 ab	0.0094 bc	0.0097 b	0.0108 a	0.0101 ab	
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	8.933 b	7.869 c	9.989 a	5.917 de	5.497 ef	3.780 h	5.713 de	4.864 g	5.078 fg	5.970 d	
120. GÜN		HA <sup>-</sup>					HA <sup>+</sup>				
Özellikler	K	A	B	C	D	K	A	B	C	D	
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0109 g	0.0150 cd	0.0138 de	0.0136 e	0.0126 ef	0.0115 fg	0.0163 b	0.0160 bc	0.0188 a	0.0128 e	
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0.4640 ab	0.4408 cd	0.4250 cde	0.4220 de	0.4387 cd	0.4115 e	0.4828 a	0.4450 bc	0.4705 a	0.4098 e	
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	2.1805 <sup>öd</sup>	2.487 <sup>öd</sup>	2.0847 <sup>öd</sup>	2.4597 <sup>öd</sup>	2.0903 <sup>öd</sup>	2.2467 <sup>öd</sup>	2.3305 <sup>öd</sup>	2.1532 <sup>öd</sup>	2.4210 <sup>öd</sup>	1.9692 <sup>öd</sup>	
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.0207 a	0.0183 cd	0.0171 d	0.0175 d	0.0181 cd	0.0171 d	0.0207 a	0.0193 bc	0.0198 ab	0.0177 d	
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	6.603 cd	6.060 e	7.483 b	6.102 de	9.381 a	7.581 b	6.642 c	5.417 f	6.717 c	7.443 b	

\* : Aynı harfle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Cr bakımından 60. günde en yüksek değer humik asitsiz koşullarda 0.0269 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması iken, 90. günde humik asitsiz koşullarda 0.0512 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması

ve humik asitli koşullarda 0.5280 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması, 0.0521 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulaması ve 0.0512 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması olup, 120. günde humik asitli koşullarda 0.0188 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması olduğu görölmüştür. 60. gün en düşük değer humik asitli koşullarda 0.0189 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması iken, 90. günde humik asitsiz koşullarda 0.0489 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması, 0.0485 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulaması, 0.0470 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması, 0.0485 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması ve humik asitli koşullarda 0.0488 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması, 0.0479 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması olup, 120. günde humik asitsiz koşullarda 0.0109 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması olduğu görölmüştür (Tablo 9). Çalışmamızda elde edilen Cr değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Akkuş, 2009; Vuralın ve Müftüoğlu, 2012). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Cr miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Ni bakımından 60. günde en yüksek değer humik asitli koşullarda 0.6870 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması iken, 90. günde interaksiyon önemsiz çıkmış olup en yüksek değer humik asitsiz koşullarda 0.9087 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulaması, 120. günde ise humik asitli koşullarda 0.4827 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması ve 0.4705 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması olduğu görölmüştür. 60. günde en düşük değer humik asitli koşullarda 0.6077 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması ve 0.6255 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması iken, 90. günde interaksiyon önemsiz çıkmış olup en yüksek değer humik asitli koşullarda 0.8033 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması olup, 120. günde humik asitli koşullarda 0.4115 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması ve 0.4097 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması olduğu görölmüştür (Tablo 9). Çalışmamızda elde edilen Ni değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Kızılkaya vd., 1998; Akkuş, 2009; Çimrin, 2011; Çakır ve Çimrin, 2018). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Ni miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Pb bakımından 60. günde en yüksek değer humik asitsiz koşullarda 2.9080 mg kg<sup>-1</sup> ile K uygulaması, 2.8920 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması, 2.9320 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması ve humik asitli koşullarda 2.9550 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması iken, 90. günde humik asitsiz koşullarda 3.863 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulaması olup, 120. günde interaksiyon önemsiz çıkmış olup en yüksek değer humik asitsiz koşullarda 2.487 mg kg<sup>-1</sup> ile A uygulaması olduğu görölmüştür. 60. günde en düşük değer humik asitli koşullarda 2.1927 mg kg<sup>-1</sup> ile D uygulaması iken, 90. günde humik asitli koşullarda 2.5470 mg kg<sup>-1</sup> ile C uygulaması olup, 120. günde en düşük değer humik asitsiz koşullarda 2.0817 mg kg<sup>-1</sup> ile B uygulaması olduğu



görülmüştür (Tablo 9). Çalışmamızda elde edilen Pb değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Kızılkaya vd., 1998; Akkuş, 2009; Çimrin, 2011; Çakır ve Çimrin, 2018). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Pb miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Cd bakımından 60. günde en yüksek değer humik asitli koşullarda  $0.0230 \text{ mg kg}^{-1}$  ile C uygulaması iken, 90. günde humik asitli koşullarda  $0.0107 \text{ mg kg}^{-1}$  ile C uygulaması olup, 120. günde humik asitsiz koşullarda  $0.0206 \text{ mg kg}^{-1}$  ile K uygulaması ve humik asitli koşullarda  $0.0206 \text{ mg kg}^{-1}$  ile A uygulaması olduğu görülmüştür. 60. günde en düşük değer humik asitsiz koşullarda  $0.0203 \text{ mg kg}^{-1}$  ile A uygulaması ve humik asitli koşullarda  $0.0202 \text{ mg kg}^{-1}$  ile K uygulaması iken, 90. günde humik asitsiz koşullarda  $0.0078 \text{ mg kg}^{-1}$  ile A uygulaması ve  $0.0082 \text{ mg kg}^{-1}$  ile C uygulaması olup, 120. günde humik asitsiz koşullarda  $0.0170 \text{ mg kg}^{-1}$  ile B uygulaması,  $0.0175 \text{ mg kg}^{-1}$  ile C uygulaması ve humik asitli koşullarda  $0.0170 \text{ mg kg}^{-1}$  ile K uygulaması,  $0.0177 \text{ mg kg}^{-1}$  ile D uygulaması olduğu görülmüştür (Tablo 9). Çalışmamızdaki Cd değerleri genel anlamda literatüre uyumludur (Kızılkaya vd., 1998; Akkuş, 2009; Çimrin, 2011; Vuralın ve Müftüoğlu, 2012; Çakır ve Çimrin, 2018), Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak alınabilir Cd miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Mo bakımından 60. günde en yüksek değer humik asitsiz koşullarda  $10.299 \text{ mg kg}^{-1}$  ile B uygulaması iken, 90. günde  $9.989 \text{ mg kg}^{-1}$  ile B uygulaması olup, 120. günde  $9.381 \text{ mg kg}^{-1}$  ile D uygulaması olduğu görülmüştür. 60. günde en düşük değer  $4.2650 \text{ mg kg}^{-1}$  ile A uygulamasıyken, 90. günde  $3.780 \text{ mg kg}^{-1}$  ile K uygulaması olup, 120. günde  $5.417 \text{ mg kg}^{-1}$  ile B uygulaması olduğu görülmüştür (Tablo 9). Çalışmamızda elde edilen Mo değerleri genel anlamda literatüre uyumlu olmuştur (Akkuş, 2009; Vuralın ve Müftüoğlu, 2012). Ancak çalıştığımız topraklarda HA ve MGU yapılarak topraktan AB-DTPA ekstraksiyonu sonrası alınabilir Mo miktarlarının belirlendiği başka çalışmaya rastlanmamıştır.

#### 4.4. Humik Asit ve Farklı Mikroorganizma Uygulamaların Mevcut Kimyasal Gübrelere Göre Ekonomik Analizi

Denemede kullanılan humik asit ve mikrobiyal gübrelere eşdeğer ortalama kimyasal gübre önerilerine göre güncel ortalama piyasa fiyatları dikkate alınarak aşağıdaki tabloda bir ekonomik analiz verilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10

Piyasadaki bazı kimyasal ve mikrobiyal gübrelere içerik ve fiyat karşılaştırmaları

GÜBRE ADI	KİMYASAL ORGANİK	GÜBRE İÇERİĞİ	FİYAT/MİKTAR (ORTALAMA)	DEKARA DOZ	DEKARA MALİYET
Amonyum Sülfat (AS)	Kimyasal	%21 N, %24 S	477 TL/50 kg	45 kg/da	429 TL
Kalsiyum Amonyum Nitrat (CAN)	Kimyasal	%26 Azot	650 TL/50 kg	36 kg/da	468 TL
Üre	Kimyasal	%46 Azot	950 TL/50 kg	20 kg/da	380 TL
Triple Süper Fosfat (TSP)	Kimyasal	%43 Fosfor	775 TL/50 kg	18.4 kg/da	285 TL
DiAmonyum Fosfat (DAP)	Kimyasal	%18 N, %46 P	791 TL/50 kg	17.6 kg/da	278 TL
Kompoze Gübre (15-15-15)	Kimyasal	%15 N- %15 P- %15 K	700 TL/50 kg	20 kg/da	280 TL
A= T-1 Mikrobiyal Gübre	Ambalajlı ürün sertifikalandırıldığı takdirde organik tarımda kullanılabilir	<i>Arthobacter spp.</i> , <i>Azotobacter spp.</i> ( <i>A. vinelandii</i> , <i>A. chroococcum</i> ), <i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium bilaii</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>P. fluorescens</i>	125 TL/lt	500 gr/da	62 TL
B= T-2 Mikrobiyal Gübre	Ambalajlı ürün sertifikalandırıldığı takdirde organik tarımda kullanılabilir	<i>B. subtilis</i> , <i>B. megaterium</i> ve <i>Lactococcus spp.</i>	110 TL/lt	500 gr/da	55 TL
C= R-1 Mikrobiyal Gübre	Ambalajlı ürün sertifikalandırıldığı takdirde organik tarımda kullanılabilir	<i>Bacillus megaterium</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i> ve <i>Pseudomonas putida</i>			
Humik Asit TKİ-Humas	Ambalajlı ürün sertifikalandırıldığı takdirde organik tarımda kullanılabilir	Organik Madde %5, Toplam Humik Asit + Fulvik Asit %12, Suda Çözünür K <sub>2</sub> O %2	130 TL/5 lt	5 lt/da	130 TL
Hayvan Gübresi	Ambalajlı ürün sertifikalandırıldığı takdirde organik tarımda kullanılabilir	%75 su, %17 Organik Madde, %6 İnorganik Madde	200 TL/50 kg	500 kg/da	2000 TL

Tablo 10 incelendiğinde güncel (2022-Mayıs) ortalama piyasa fiyatlarına göre mikrobiyal gübre + humik asit uygulaması birlikte yapıldığı takdirde dekara maliyet fiyatları en düşük kimyevi gübre fiyatından daha ucuz kalmaktadır. Ancak bu tür uygulamalarla kimyasal gübrelerin uygulandığı şartlardaki bitkisel verime ulaşılmayabilir. Bu nedenle hem verimi artırmak hem de ticari kimyevi gübre kullanımını azaltmak açısından organik, organomineral ve mikrobiyal gübrelerle kimyasal gübreleri birlikte kullanmak tercih edilebilir.

Çalışmamızdaki veriler göz önünde bulundurulduğunda  $HA^+$  şartlarında  $HA^-$  şartlarına göre mikroorganizma faaliyetlerinin daha fazla olduğu, toprakta alınabilir makro-mikro elementlerin genel olarak arttığı, ağır metallerin alınabilirliklerinin ise zamana ve  $HA$  ve  $MGU$  durumuna göre arttığı veya azaldığı görülmüştür. Ancak bu çalışmada bitkisel verim verisi elde edilmemiştir. Bu durumda ekonomik analizimiz sadece dekara uygulama dozu üzerinden değerlendirilmiştir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; son yıllarda tarımsal üretimde kullanımı giderek artan Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (PGPB)'den iki ticari (A, B) mikrobiyal gübre ve bir yerli izolat karışımı (C) olmak üzere üç mikrobiyal gübre yerli humik bir asitle (TKİ-Humas) tek başlarına ve birlikte topraklara uygulanmıştır. Bu topraklardan kontrollü inkübasyon şartlarında üç farklı dönemde (60., 90. ve 120. günler) örnekler alınarak; AB-DTPA çözeltisiyle topraktan ekstrakte edilebilir makro-mikro elementler (Na, K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo), ağır metaller (Ni, Cd, Pb, Cr) ve toprak enzimlerinden Üreaz, Katalaz, Dehidrogenaz, Alkali fosfataz ve Beta-Glikozidaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Ayrıca her üç dönemde alınan bu topraklarda mikrobiyal solunum, mezofil aerobik mikroorganizma sayıları, amonyum, nitrat ve suya dayanıklı agregat stabilitesi analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarının humik asit ve mikrobiyal gübre uygulamalarına bağımlı değişkenlikleri her üç örnekleme dönemi bazında istatistiksel olarak incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; inkübasyonun ilk döneminde (60. gün) humik asit ve mikrobiyal uygulamaların birlikte uygulandığı durumlarda interaksiyon etkisiyle incelenen özelliklerden B dışındaki tüm özelliklerin değişimini önemli derecede etkilemiştir ( $P<0,05$ ). Bu dönemde topraklara yalnızca HA uygulandığında; katalaz, B-Gli,  $NH_4$ , K, Na, B, Cu, Zn ve Ni özelliklerine etkisi önemsiz olmuş, yalnızca MGU yapıldığında yine B dışında tüm özelliklerin değişimi önemli derecede olmuştur. İkinci örnekleme döneminde (90. gün) tek başına HA uygulanmasıyla; K, B, Cu ve Na özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuştur. Tek başına MG uygulamaları tek başına ele alındığında Aft ve B özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuştur. Bu dönemde HA x MGU interaksiyonu etkisiyle; katalaz, Na ve Ni özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuşken diğer tüm özelliklerdeki değişimler önemli seviyelerde olmuştur. Üçüncü örnekleme döneminde (120. gün) ise yalnız HA uygulamasının etkisiyle  $CO_2$ , Aft, B-Gli, P, Ni ve Pb özelliklerindeki değişimler önemsiz olmuş, diğer özellikler ise önemli seviyelerde değişmiştir. Tek başına MGU ile incelenen tüm özelliklerde önemli değişimler olmuş; HA x MGU birlikte uygulandıklarında da Pb özelliğindeki değişimler dışında diğer tüm özellikler önemli seviyelerde değişmiştir.

Tüm sonuçlar birlikte ele alındığında; her üç örnekleme döneminde de HA ve MGU'nın tek başlarına veya birlikte uygulandıklarında incelenen toprak özellikleri üzerine etkileri farklı derecelerde görülmüş ve bu etkiler olumlu/olumsuz yönde görülmüştür.

Özellikle ağır metal kirliliği riski olan topraklarda bu tür uygulamaları yaparken daha dikkatli olunmalı, topraklardaki alınabilir miktarlarını artıran uygulamalardan kaçınılmalıdır. Örneğin çalışmamızda ilk dönemde Cr, Ni, Pb, Cd elementlerinin alınabilir miktarlarına HA uygulaması olumsuz etki ederken yani azaltırken, sadece Mo elementi seviyelerindeki değişim önemsiz kalmıştır. 90. günde HA etkisiyle bu değerlerden Cd ve Mo yine azalmış, ancak 120.günde Ni, Cd ve Mo için bu durum tersine dönmüştür.

Benzer şekilde ağır metallerin alınabilir miktarlarındaki artışlar/azalışlar MGU ile önemli seviyelerde değişmiştir. Bu değişimler farklı örnekleme dönemlerinde farklı olmuştur. Örneğin alınabilir Cr miktarı 60.günde MGU'dan C ve D uygulamalarıyla önemli derecede azalmış, Ni D uygulamasıyla azalmış, Pb C uygulamasıyla, Cd D uygulamasıyla ve Mo ise A, B ve C uygulamalarıyla önemli seviyelerde azalmıştır. Bu durum 90.günde Cr elementi için B ve C uygulamalarında artışlar şeklinde görülmüş, 120.günde A, B ve C uygulamalarında yine artış yönünde olmuştur.

Çalışmamızda diğer ağır elementler için de uygulamaların farklı zamanlarda olumlu/olumsuz etkileri görüldüğü belirtilebilir. Ağır metallerin alınabilir miktarlarına etkileri yönüyle HA ve MGU'nın birlikte uygulanması her bir mikrobiyal preparata göre değişebilir, bu nedenle önce inkübasyon çalışmalarıyla bitkisiz ve bitkili şartlarda test edilmeli ve uygulamalar özellikle bitkili şartlarda dikkatle seçilmelidir. Ancak bu tür uygulamaların genel anlamda alınabilir bitki besin elementleri artışları, toprak kalite ve biyolojik özelliklerinin iyileşmesi ve sürdürülebilir tarımsal üretime olumlu katkıları bakımından da teşvik edilmelidir.

Günümüz koşullarında ülkemiz topraklarındaki organik madde miktarının düşük olması sürdürülebilir toprak verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Sürdürülebilirliğin sağlanması için HA ve benzeri organik meddelerin topraklara verilmesi toprağın organik kısmının ve dolayısıyla da mikrobiyal biyokütlesinin artırılmasını teşvik edilebilir. Ancak topraklara katılacak organik madde kaynaklarının son yıllarda kullanımı

giderek artan mikrobiyal gübrelerle birlikte uygulanmaları, organik maddelerin mikrobiyal gübrelere etkileri ve farklı bitkilerin verim özelliklerine etkilerinin detaylı bilinmesi gerekmektedir. Bunun için çalışmamıza benzer bilimsel çalışmaların artırılarak önce inkübasyon, sonra sera, sonra da tarla denemeleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

Ayrıca çeşitli organik ve mikrobiyal materyallerin kullanıldığı farklı bakış aılıyla kurgulanmış verim artıran çalışmaların ticari gübrelerle birlikte kullanım olanakları ekonomik açıdan sorgulanmalıdır. Sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından gerek ülkemizde gerekse dünyada bu tür çalışmalar artırılmalı ve mikroorganizmaların bu pandemi dönemindeki olumsuz imajı silinerek insanlığın hizmetine sunulmalıdır.



## KAYNAKÇA

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P. ve Zocchi, G. (1998). The Effect of Commercial Humic Acid on Tomato Plant Growth and Mineral Nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 3, 561-575.
- Adeleke, B. S. ve Babalola, O. (2021). Roles of Plant Endosphere Microbes in Agriculture-A Review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-18.
- Adetunji, A. T., Lewu, F. B., Mulidzi, R. ve Ncube, B. (2017). The biological activities of  $\beta$ -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review. *J Soil Sci Plant Nutr.* 17(3):794–807.
- Akıncı, S., Büyükkeskin, T., Eroğlu, A. ve Erdogan, B. E. (2009). The Effect of Humic Acid on Nutrient Composition in Broad Bean (*Vicia faba* L.) Roots. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 81.
- Akkuş, E. (2009). Farklı Dozlarda Uygulanan Molibdenin Nohut Bitkisinin Azot İçeriğine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Alak, H. C. ve Müftüoğlu, N. M. (2014). Hümik Asit Uygulamalarının Alınabilir Potasyum Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 61-66.
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. ve Ingelmo, F. (2001). Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource technology*, 76(2), 125-129.
- Alef, K., Nannipieri, P. (1995). Enzyme activities. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*, 311-373. Academic Press, London, UK.
- Allison, L. E., ve Moodie, C. D. (1965). Carbonate. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 1379-1396.
- Altınok, H. ve Çiftçi, G. (2019). Patlıcan Tohumlarında Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteri Uygulamalarının Kurşuni Küf (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) Hastalığına Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam.Ü. Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (3): 421-429.
- Amir, H. L. G., Shamsuddin, Z. H., Halimi, M. S., Ramlan, M. F., ve Marziah, M. (1999). Potential Use of Rhizobacteria for Sustainable Oil Painsi Seedling Production. *Malaysian Journal of Soil Science*, 3, 39-50.
- Anamur, F. ve Türkmen, C. (2019). Sıvı Humik Asit Uygulamalarının Bayramiç Beyazı Nektarin Çeşidinin (*Prunus persica* var. nucipersica) Beslenmesi ve Bazı Toprak

- Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(4): 1035–1047, 2021.
- Anderson, J. P. E. ve Domsch, K. H. (1973). Quantification of bacterial and fungal contributions to soil respiration. *Archiv für Mikrobiologie*, 93(2), 113-127.
- Anderson, J. P. E. ve Domsch K. H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil biology and biochemistry*, 10(3), 215-221.
- Andrews, S. S. ve Carroll, C. R. (2001). Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological Applications*, 11(6), 1573-1585.
- Anonim, (2018). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik. 23 Şubat 2018 tarih ve 30341 sayılı T.C. Resmi Gazete.
- Arancon, N. Q., Lee, S., Edwards, C. A. ve Atiyeh, R. (2003). Effects of Humic Acids Derived From Cattle, Food and Paper-Waste Vermicomposts on Growth of Greenhouse Plants: The 7th International Symposium on Earthworm Ecology. Cardiff, Wales, 2002. *Pedobiologia*, 47(5-6), 741-744.
- Ay, A. ve Kızılkaya, R. (2021). Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinin toprak özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(1), 71-78.
- Aydın, H. R., Kural, F., Arın, A., Yaylacı, C. ve Coşkan, A. (2018). Leonardit uygulamasının nitrifikasyon ve nitrat amonifikasyonu üzerindeki etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*, 429-434, 2018.
- Beck, T. H. (1971). Die Messung Katalasen Aktivitaet Boden Z. *Pflanzenernaehai Sodek* 130: 68–81.
- Bell, T. H., Klironomos, J. N. ve Henry, H. A. L. (2010). Seasonal responses of extracellular enzyme activity and microbial biomass to warming and nitrogen addition. *Soil Biol Biochem.* 74:820–828.
- Bellitürk, K., Danışman, F. ve Yılmaz, F. (2007). Üre uygulamasinin topraklarda amonyum ve nitrat oluşumuna etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1), 64-72.
- Binbir, U. (2021). Lavanta (*Lavandula Spp.*) Bitkisi Distilasyon Atıklarının Mısır Bitkisi Gelişim Özellikleri ve Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*,



Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Çanakkale.

- Bouyoucos, G. J. (1951). A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bozkurt, M. A, Erdal, İ., Çirmin, K. M., Karaca, S. ve Sağlam, M. (2000). Kentsel Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Besin İçeriği ve Ağır Metal Kapsamına Etkisi, A.Ü.Z.F. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (4) 35-43.
- Bozoğlu, H., Peşken, E. ve Gülümser, A. (2004). Sıra aralığı ve potasyum humat uygulamasının bezelyenin verim ve bazı özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 10 (1) 53-58. Ankara.
- Bremner, J. M. (1965). İnorganic forms of nitrogen In: C.A. Black et al(ed). Methods of Soil Analysis, Part 2. *Agronomy* 9:1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J. ve Van Oost, K. (2015). The interdisciplinary nature of SOIL. *Soil*, 1(1), 117-129.
- Cakmak, I. ve Römheld, V. (1997). Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*, 193(1), 71-83.
- Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H. J. ve Ozkan, H. (2004). Triticum dicoccoides: An important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science Plant Nutrition*, 50: 1047-1054.
- Canbolat, M. Y. (1992). Toprağa organik materyal ilavesinin toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2), 113-123.
- Caseneva deSanfilippo, E., Argüello, J. A., Abdala, G. ve Orioli G A. (1990). Content of auxin, inhibitor and gibberillin-like substances in humic acids. *Biologia Plantarum* 32: 346-351.
- Casida, Jr. L. E. (1977). Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. *Applied and Environmental Microbiology*, 34(6), 630-636.
- Chen, Y. ve Aviad T. (1990). Effect of Humic Substances on Plant Growth. In Humic Substances in Soil and Crop Science; *Selected Readings American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*. Madison, pp. 161-189.

- Çakır, H. N. ve Çimrin, K. M. (2018). Kentsel Arıtma Çamur Uygulamalarının Etkisi: II. Mısır Bitkisi ve Toprağın Mikro Besin Element ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkisi. *KSÜ Tar Doğa Derg* 21(6) : 891-901.
- Çakmakçı, R. (2005). Bitki Gelişiminde Fosfat Çözücü Bakterilerin Önemi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(35), 93-108.
- Çakmakçı, R. (2014). Mikrobiyal Gübre Olarak Kullanılabilecek Mikroorganizmaların Etki Mekanizmaları ve Özellikleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştay, 23-24 Ekim, Kastamonu Çalıştay Kitabı. *T.C. Gıda tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Toprak Gübre ve Su kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını*, pp: 5-17.
- Çakmakçı, R. (2019). A Review of Biological Fertilizers Current use, New Approaches, and Future Perspectives. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology*. Volume: 5 Issue: 7|2019.
- Çakmakçı, R. (2019). The Variability of the Predominant Culturable Plant Growth-Promoting Rhizobacterial Diversity in the Acidic Tea Rhizosphere Soils in the Eastern Black Sea Region. *Alinteri J. of Agriculture Sciences*, 34(2): 175-181.
- Çakmakçı, R. ve Erdogan, U. (2005). Organik Tarım. *Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksek Okulu Ders Yayınları*, (2).
- Çakmakçı, R., Kotan, R., Atasever, A., Erat, M., Türkyılmaz, K., Sekban, R. ve Haznedar, A. (2017). Çayda besin alımı, gelişme, enzim aktivitesi ve verimim artırılması için farklı bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin birlikte aşılmasının etkinliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (1): 86–91.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A. ve Şahin, F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A. ve Sekban, R. (2010). Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332: 299–318.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü. ve Dönmez, M. F. (2007). The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 288–295.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B., Erdoğan, Ü. ve Şahin, F. (2009). Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84: 375–380.

- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Kotan, R., Oral, B. ve Dönmez, F. (2008). Çoruh vadisinde yabani ahududu rizosfer topraklarında heterotrof azot fikseri bakteri çeşitliliği 4. *Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi*, 8-10 Ekim 2008 Konya, 706-717.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Varmazyari, A., Türkyılmaz, K., Haznedar, A. ve Sekban, R. (2014). Development of plant growth-promoting bacterial based bioformulations using solid and liquid carriers and evaluation of their influence on growth parameters of tea. 9<sup>th</sup> International Soil Science Congress on the Soul of the Soil and Civilization, 14-16 October 2014, Side, *Book of Proceedings*, 801-808.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A. ve Varmazyari, A. (2013). The Effect of Single and Mixed Cultures of Plant Growth Promoting Bacteria and Mineral Fertilizers on Tea (*Camellia Sinensis*) Growth, Yield and Nutrient Uptake. 1st Central Asia Congress on Modern Agricultural Techniques and Plant Nutrition. 01-03 October, 2013, *Soil Water Journal*, Special Issue for AGRICASIA, Vol 2, No 2(1) , 653-662.
- Çakmakçı, R., Kantar, F. ve Algur, Ö. F. (1999). Sugar Beet and Barley Yields in Relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162(4), 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F. ve Şahin, F. (2001). Effect of N<sub>2</sub>-fixing Bacterial Inoculations on Yield of Sugar Beet and Barley, *Journal of Plant Nutrition and Soil Sci.*, 164, 527-531.
- Çakmakçı, R., Kantar, F. ve Algur, Ö.F. (1999). Sugar Beet and Barley Yields in Relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* Inoculation, *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 162, 437-442.
- Çimrin, K. (2011). Arıtma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinin Gelişimi, Besin Elementi ve Ağır Metal İçerikleri ile Bazı Toprak özellikleri üzerine Etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 17 (3), 204-216. DOI: 10.1501/Tarimbil\_0000001172.
- Çimrin, K. M., Karaca, S. ve Bozkurt, M. A. (2001). Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine humik asit ve N P K uygulamalarının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 7(2): 95-100.
- Durmuş, M. ve Kızılkaya, R. (2016). Kombü çayı (Kombucha) ve kombü çayı üretim artışı karışık mikroorganizma kültürünün buğday bitkisinin verimi ile toprakların dehidrogenaz ve katalaz aktivitesi üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(2), 75-82.

- Durmuş, M., Erkoçak, A., Kızılkaya, R. ve Dengiz, O. (2011). Alüviyal Araziler Üzerinde Oluşan Farklı Toprakların Katalaz Enzim Aktivitelerindeki Değişimin Belirlenmesi. *Prof. Dr. Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu 2011*. Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (pp 153–159).
- Eivazi, F. ve Tabatabai, M. A. (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(5), 601-606.
- Ekin, Z. (2019). Integrated Use of Humic Acid and Plant Growth Promoting Rhizobacteria to Ensure Higher Potato Productivity in Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 11(12), 3417.
- Erdal, İ., Bozkurt, M. A., Çimrin, K. M., Karaca, S. ve Sağlam, M. (2000). Kireçli Bir Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.) Gelişimi ve Fosfor Alımı Üzerine Humik Asit ve Fosfor Uygulamasının Etkisi. *Türk J. Agric. For.* 24 (200) 663-668.
- Erdel, E. (2021). Farklı Toprak İşleme Sistemlerinde Yetiştirilen Buğday Bitkisinin Farklı Gelişim Dönemlerinde Toprakların Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3243-3253.
- Erdil, A., Horuz, A., Korkmaz, A. ve Akınoğlu, G. (2018). Topraklarda amonyum fiksasyonu ve etkileri. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(1), 17-28.
- Ergün, Y. A. (2017). Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelerine, CO<sub>2</sub> üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. *Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ordu.
- Erman, M., Çığ, F. ve Bakırtaş, E. (2012). Farklı dozlarda humik asit ve rhizobium bakterisi uygulamasının mercimekte verim, verim öğeleri ve nodülasyona etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1): 64-67.
- Eşitken, A., Karadağ, H., Ercişli, S., Turan, M. ve Şahin, F. (2003). The Effect of Spraying a Growth Promoting Bacterium on The Yield, Growth and Nutrient Element 125 Composition of Leaves of Apricot. *Australian J. of Agricultural Research*. 54, 377-380.
- Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M. ve Sahin, F. (2006). Effects of Floral and Foliar Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Growth and Nutrition of Sweet Cherry. *Scientia Horticulturae*, 110, 324-327.
- Fallahi, E., Fallahi, B. ve Seyedbagheri, M. (2006). Influence of Humic Substances and Nitrogen on Yield, Fruit Quality, and Leaf Mineral Elements of 'Early Spur Rome' Apple. *J. of Plant Nutrition*, Vol. 29, pp. 1819-1833(15).

- Fatimah, N., Dar, S. A., Ashraf, S., Rashid, S., Mukhtar, Y. ve Mir, S. H. (2021). Biofertilizers for Sustainable Agriculture-An Overview. *Journal homepage: <http://www.ijcmas.com>*, 10(06).
- Flis-Bujak, M. ve Turski, R. (1975). The influence of cultivations on humus compounds of gray brown podzolic soil formed from loess. *Polish J. of Soil Sci.*, 8(2): 147–153.
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S. ve Voss, M. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621), 20130164.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R. ve Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.
- Gao, Y., Song, X., Liu, K., Li, T., Zheng, W., Wang, Y. ve Miao, T. (2021). Mixture of controlled-release and conventional urea fertilizer application changed soil aggregate stability, humic acid molecular composition, and maize nitrogen uptake. *Science of The Total Environment*, 789, 147778.
- Gezgin, S., Dursun, N. ve Gökmen, F. (2010). Farklı miktarlarda K-humat (Tki-Humas) uygulamasının şeker pancarının verim ve kalitesine etkisi. *1. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, 1-4 Haziran 2010, Eskişehir.
- Goenadi, D. H., Mustafa, A. B. ve Santi, L. P. (2018). Bioorgano-chemical fertilizers: a new prospecting technology for improving fertilizer use efficiency (FUE). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.*, 183,012011
- Göçük, M. ve Demir, Y. (2021). Biyokömür ve poliakrilamid'in donma ve çözünme döngüsünde toprakların agregat stabilitesi ve su tutma kapasitesi özellikleri üzerine etkisi. *Düzce üniversitesi orman fakültesi ormancılık dergisi*, 17(2), 286-301.
- Gökmen Yılmaz, F., Harmankaya, M. ve Gezgin, S. (2012). Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-HÜMAS Uygulamalarının Ispanak Bitkisinin Demir Alımı ve Gelişimine Etkileri. *Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi*, 14 (1): 217-231.
- Grewelling, T. ve Peech, M. (1960). Chemical Soil Test. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 960. *Hand Book*. 60. U.S. Dept. of Agriculture.
- Gümüş, İ. (2019). Kabuk bağlama problemi bulunan bir toprağın ıslahına sıvı hümitik asit uygulamasının etkisinin inkübasyon çalışmasında belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(1), 43-50.

- Günel, E., Erdem, H. ve Demirbaş, A. (2018). Effects of three biochar types on activity of  $\beta$ -glucosidase enzyme in two agricultural soils of different textures. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(14), 1963-1974.
- Günel, E., Erdem, H. ve Kaplan, A. (2017). Biyokömür İlavesinin Toprakta Nitrat ve Amonyum Yıkınmasına Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 77-83.
- Günaydın, M. (1999). Yapraktan ve topraktan uygulanan hümik asidin domates ve mısırın gelişimi ile bazı besin maddeleri alımına etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bölümü *Yüksek Lisans Tezi*, 109.
- Hakkı, E. E., Babaoğlu, M., Soylu, S., Gezgin, S. ve Dural, H. (2005). *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, Ankara, p.460.
- Haynes, R. J. ve Beare, M. H. (1997). Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biol. and Bioch.*, 29(11-12), 1647-1653.
- Hoffmann, Gg. ve Teicher, K. (1961). Ein Kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Urease Aktivitat in Böden. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde*, 91 (140), 55–63.
- Hoque, M. M. ve Haq, M. F. (1994). Rhizobial inoculation and fertilization of lentil in Bengladesh. *Lens Newsletter*, 21 (2): 29-31.
- Horuz, A., Korkmaz, A., Özcan, C., Karaman, M. R., Ekberli, İ. ve Duyar, Ö. (2013). Effect of humic acid application to the soil contaminated by Cd on the nutrient contents of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Soil-Water Journal (Special Issue for AGRICASIA '2013; 1st Central Asia Congress on Modern Agricultural Techniques and Plant Nutrition)*, Vol. 2, Number 2 (1), s. 501-510. ISSN: 2146- 7072, 01-03 October 2013, Bishkek, Kyrgyzstan.
- Hou, Y., Zeng, W., Hou, M., Wang, Z., Luo, Y., Lei, G. ve Huang, J. (2021). Responses of the Soil Microbial Community to Salinity Stress in Maize Fields. *Biology*, 10(11), 1114.
- Huang, C. Y. ve Xu, J. (2010). *Soil science*. Agriculture Press, Chnia.
- İç, S. ve Gülser, C. (2008). Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2),104-109.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Jat, H. S. Choudhary, M., Datta, A., Yadav, A. K., Meena, M. D., Devi, R. ve Sharma, P. C. (2020). Temporal changes in soil microbial properties and nutrient dynamics under climate smart agriculture practices. *Soil and Tillage Research*, 199, 104595.

- Kacar, B. (2009). *Toprak analizleri* (p. 467s). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kadioğlu, B. ve Canbolat, M. Y. (2019). Farklı yetiştirme ortamlarında bazı bakterilerin buğday ve mısır gelişimi üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 139-148.
- Kandeler, E. (2015). Physiological and biochemical methods for studying soil biota and their functions. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*, 187–222. Elsevier Inc, San Diego, CA, USA.
- Kandeler, E. Poll, C. Frankenberger Jr, W. T. ve Ali Tabatabai, M. (2011). Nitrogen cycle enzymes. *Methods of soil enzymology*, 9, 211-245.
- Kantar, F. Akten, ř. ve Çağlar, Ö. (1994). Lentil (*Lens culinaris L.*) yields in relation to Rhizobium leguminosarum inoculation and NP fertilization. 25-29 Nisan 1994, *Tarla Bitkileri Kongresi, Agronomi Bildirileri*, Cilt 1, 283-285, Izmir.
- Kaptan, M. A. ve Aydın, M. (2012). Humik asidin (*Gossypium hirsutum L.*) gelişimi ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi* (2012-1): 291-299
- Kara, N. (2011). Buğdayda (*Triticum aestivum L. var. Leucospermum* (Körn.) Farw.) Humik Asit ve Fosfor Uygulamasının Verim ve Verim Öğelerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Karaca, A., Cetin, S. C., Turgay, O. C. ve Kizilkaya, R. (2010). Soil enzymes as indication of soil quality. *In Soil enzymology* (pp. 119-148). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Karaca, A., Çetin, S. C., Turgay, O. C., Kızilkaya, R. (2011). Soil enzymes as indication of soil quality. *Soil enzymology*. 119–148. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, D.
- Karaca, A., Turgay, O. C. ve Tamer, N. (2006). Effects of a humic deposit (gyttja) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability. *Biology and Fertility of Soils*, 42(6), 585-592.
- Karaca, E. (2016). Fındık zurufu kompostunun toprakların ve fındık bitkisi yapraklarının besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Karaman, M. R. (2003). Tokat Yöresi şeftali Ağaçlarında Demir Klorozunun Önlenmesinde Demir ve Humat Uygulamalarının Etkinliği, *A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (1) 29-34.
- Karaman, M. R., şahin S., Geboloğlu, N., Turan, M., Güneş, A. ve Tutar, A. (2012). Hümik Asit Uygulaması Altında Farklı Domates Çeşitlerinin (*Lycopersicon esculentum L.*)

- Demir Alım Etkinlikleri. *Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi*, 14 (1): 301-308.
- Katkat A. V., Aşık B. B., Turan M. A. ve Çelik H. (2006). Farklı Kireç Dozları ve Tuz Konsantrasyonlarında Artan Miktarlarda Toprakta ve Yaprakta Uygulanan Humik Maddelerin Mısır ve Buğday Bitkilerinin Gelişimi ve Kimi Besin Elementleri İçeriği Üzerine Etkisi. *Tübitak Proje No: TOVAG-105 0 345*.
- Kemper, W. D. ve Rosenau R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5, 425-442.
- Kızılkaya, R. (2008). Dehidrogenaz aktivitesi in *Lumbricus terrestris* castları ve çevre topraklarındaki toprakların farklı organik atıkların eklenmesiyle oluşan toprakların dehidrogenaz aktivitesine etkisi. *Bioresource Technology*, 99: 946-953.
- Kızılkaya, R., Arcak, S., Horuz, A. ve Karaca, A. (1998). Çeltik tarımı yapılan toprakların enzim aktiviteleri üzerine toprak özelliklerinin etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(3), 797-804.
- Kızılkaya, R., Volkan, D., Dengiz, O. ve Abdurrahman, A. Y. (2019). İlçelerde farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 121-127.
- Klute, A. (1986). Water Retention: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis Part 1. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Argon.*, 635-660, Madison, USA.
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M. D., Day, S., İpek, A. ve Uranbey, S. (2005). Farklı humik asit dozlarının ayçiçeğinin (*Helianthus annuus L.*) çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 151-155.
- Köse, M. A. (2015). Humus ve Humik Asit Uygulamalarının Marulda Besin Elementi Alımı ve Verim Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Kraus, T. E., Dahlgren, R. A. ve Zasoski, R. J. (2003). Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems-a review. *Plant and soil*, 256(1), 41-66.
- Kravkaz Kuşçu, İ. S. (2019). Changing of Soil Properties and Urease – Catalase Enzyme Activity Depending on Plant Type and Shading. *Environmental Monitoring and Assessment*. 191(8), 177–185.
- Küçük, Ç. ve Cevheri, C. (2018). Şanlıurfa’da Mısır Tarımı Yapılan Tarlalardan Alınan Toprak Örneklerinde Bazı Mikrobiyal Özellikler. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 2(1), 28–40.



- Kütük, C., Çaycı, G., Baran, A. ve Başkan, O. (2000). Effect of humic acid on some soil properties. *In Proceedings of the International Symposium on Desertification*, Konya, Turkey (pp. 324-328). Soil Science Society of Turkey, Konya.
- Laic, C. M., Liu, K. L., Jeng, G.L. ve Helen, W. (2002). Effects of Fertilization Management on Soil Enzyme Activities Related to the C, N, P and S Cycles in Soils. *Symposium No. 12*, S, 1382, Thailand.
- Lee, Y. S. ve Bartlett, R. J. (1976). Stimulation of Plant Growth by Humic Substances. *Soil Science Society of American Journal*, 40, 876-879.
- Lesmana, S. O., Febriana, N., Soetaredjo, F. E., Sunarso, J. ve Ismadji, S. (2009). Studies on potential applications of biomass for the separation of heavy metals from water and wastewater. *Biochemical Engineering Journal*, 44(1), 19-41.
- Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G. ve Tan, D. (2019). Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- Liu, K. L., Lai, C. M. ve Helen, W. (2002) Soil Enzyme Activities as Indicators Agricultural Soil Quality. *Symposium No. 32*, S, 1386, Thailand.
- Lloyd, J. ve Taylor, J. A. (1994). On the temperature dependence of soil respiration. *Functional ecology*, 315-323.
- Luo, Y. ve Zhou, X. (2010). Soil respiration and the environment. *Elsevier Academic Press*, San Diego, CA.
- Marschner, H. (1997). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition. Academic Press, London, 889p.
- Maynard, D. G., Kalra, Y. P. ve Crumbaugh, J. A. (1993). Nitrate and exchangeable ammonium nitrogen. *Soil sampling and methods of analysis*, 1, 25-38.
- Mokhtarzadeh, G. A. (2010). Farklı dozlardaki hüyük asit uygulamalarının bazı nohut (*cicer arietinum l.*) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 45s.
- Moreno, J. L., Hernández, T. ve Garcia, C. (1999). Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 28(3), 230-237.

- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C. ve Çıkılı, Y. (2014). Toprak ve bitkide verimlilik analizleri. *Nobel Akademik Yayıncılık*, ANKARA.
- Namlı, A., Akça, M. O. ve Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1), 39-47.
- Nannipieri, P. (1994) The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR, Grace PR (eds) *Soil biota: management in sustainable farming systems*. CSIRO, Adelaide, Australia, pp 238–244.
- Nannipieri, P., Kandeler, E. ve Ruggiero, P. (2002). Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. *Enzymes in the environment: Activity, ecology and applications*. 1–33. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G. ve Zucconi, F. (2002). Foliar Application of Humic Acids on Strawberry (cv Onda). *Acta Horticulturae*, 297-302.
- Obatolu, C. R. (1982). Using humic acid to improve seedling growth of coffee in Niger. Cocoa Research Institute of Nigeria, *Soils and Plant Nutrition Group*, P.M.B. 5244, Ibadan, Nigeria.
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H. H., Gülhan, T. ve Tüzel, Y. (2007). Organik tarımda kullanılan bazı organik gübrelerin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 65-80.
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R. ve Babalola, O. O. (2017), “Mechanisms Of Action Of Plant Growth Promoting Bacteria”, *World Journal Of Microbiology And Biotechnology*, 33(11), 1-16.
- Orchard, V. A. ve Cook, F. J. (1983). Relationship between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, 15(4), 447-453.
- Orhan, E., Esikten, A., Ercilsı, S., Turan, M. ve Sahin, F. (2006). Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield Growth and Nutrient Contents in Organically Growing Raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111, 38-43.
- Özaktan, H. (2017). Fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) yetiştiriciliğinde humik asit, mikrobiyal gübre ve fosfat kayası uygulamalarının verim ve verim öğelerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, *Doktora Tezi*. S: 4, Ankara.

- Özdemir, N., Gülser, C., Kızılkaya, R., Kop Durmuş, Ö. T. ve Ekberli, İ. (2018). Farklı pH Değerlerine Sahip Topraklarda Düzenleyici Uygulamalarının Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri. *Atatürk Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 21-27.
- Özkan, N. ve Müftüoğlu, N. M. (2017). Farklı Kalsiyum ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Domates Verimi ve Kalsiyum İçeriği Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 213-219.
- Öztürk, A., Caglar, Ö. ve Şahin, F. (2003). Yield Response of Wheat and Barley to Inoculation of Plant Growth Promoting Rhizobacteria at Various Levels of Nitrogen Fertilization, *J.Plant Nutr.Soil Sci.* 166, 262-266.
- Padem, H. ve Öcal A. (1999). Effect of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. *Acta Horticulturae* 487:159-164.
- Padem, H., Ocal, A. ve Alan, R. (1997). Effect of Humic Acid Added to Foliar Fertilizer on Quality and Nutrient Content of Eggplant and Pepper Seedlings. *In International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates* 491 (pp. 241-246).
- Padem, H., Ünlü, H. ve Takka, H.İ. (2003). Agaricus bisporus Üretiminde Ağaç İşleme Sanayi Atık Maddeleri ve Humik Asit Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 46, 8-11.
- Parlak, M., Turkmen, C., Ozaslan Parlak, A., Akcura, M. ve Ozkan, N. (2017). Effects of Some Legumes on Physical and Biological Soil Characteristics. *2nd International Balkan Agriculture Congress* 16-18 MAY 2017, Tekirdağ - Turkey
- Piccolo, A. ve Mbagwu, J. S. C. (1994). Humic substance and surfactants effects on the stability two tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58; 950-955.
- Piccolo, A., Pietramellara, G. ve Mbagwu, J. S. C. (1997). Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. *Geoderma*, 75(3-4), 267-277.
- Pılanalı, N. ve Kaplan, M. (2000). Farklı Humik Asit Uygulamalarının Çilek Bitkisi Yaprak Örneklerinin Bazı Besin Elementi İçeriklerine Etkileri. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 14(23): 72-82.
- Pılanalı, N. ve Kaplan, M. (2002). Çileğin Meyve Rengi ile Farklı Formlarda Uygulanan Humik Asit ve Toprağın Bazı Bitki Besin Maddesi Kapsamları Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1), 1-5.

- Pilbeam, D. J. ve Kirkby, E. A. (1983). The physiological role of boron in plants. *Journal of plant nutrition*, 6(7), 563-582.
- Puustjarvi, V. (1980). Rationalized Micro Nutrient Fertilization. *Peat-Plant Yearbook*, 3-12.
- Qin, K., Dong, X., Jifon, J. ve Leskovar, D. I. (2019). Rhizosphere microbial biomass is affected by soil type, organic and water inputs in a bell pepper system. *Applied Soil Ecology*, 138, 80-87.
- Rakıcı, S. (2010). Organik ve konvansiyonel olarak yetiştirilen marul çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri yönünden karşılaştırılması, *Yüksek lisans tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Çanakkale.
- Rakıcı, S. ve Kuzucu, C. Ö. (2015). Organik ve Konvansiyonel Olarak Yetiştirilen Salata–Marul (*Lactuca sativa L. var. crispata*) Çeşitlerinin Tohum Verimi ve Kalitesi Yönünden Karşılaştırılması. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 143-149.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *United States Department of Agriculture Handbook*, 60:94.
- Ruttenberg, K. C. (2003). The global phosphorus cycle. *Treatise on geochemistry*, 8, 682.
- Sadak, A. (2018). Kuraklık stresi altındaki biber fidelerinde PGPR uygulamalarının etkisi. *Yüksek lisans tezi*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Van.
- Sarı, S. ve Öztaş, T. (2017). Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Strüktürel Stabilité Ölçütleri ve Yüzeý Akış Kayıpları Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 17-24.
- Schulten, H. R. ve Schnitzer, M. (1998). The chemistry of soil organic nitrogen: a review. *Biology Fertility of Soil* 26:1-15.
- Selçuk, R. (2009). Artan Dozlarda Çinko ve Humik Asit Uygulamalarının Mısırın Verim ve Besin İçeriğine Etkisi (*Yüksek Lisans Tezi*). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Van.
- Senesi, N., Loffredo, E. ve Padovano, G. (1990). Effects of Humic Acid-Herbicide Interactions on the Growth of *Pisum sativum* in Nutrient Solution. *Plant and Soil*, 127(1), 41-47.
- Sharpley, A. (2000). Phosphorus availability. *Handbook of soil science*, D18-D30.
- Sheng, X.B. ve Zhao, YP. (1997). Characteristics of Change of Humic Substance in Soil in Degraded Grass Lands. *Journal of Environmental Sciences*, 9 (4): 491-495.

- Soltanpour, P. N. (1991). Determination of nutrient availability and elemental toxicity by AB-DTPA soil test and ICPS. *In Advances in soil science* (pp. 165-190). Springer, New York, NY.
- Sözüdoğru, S., Kütük, A.C., Yalçın, R. ve Usta, S. (1996). Humik Asidin Fasulye Bitkisinin Gelişimi ve Besin Maddeleri Alımı Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1452, *Bilimsel Araştırma ve İncelemeler*: 800, Ankara.
- Stege, P. W., Messina, G. A., Bianchi, G., Olsina, R. A. ve Raba, J. (2010). Determination of  $\beta$ -glucosidase activity in soils with a bioanalytical sensor modified with multiwalled carbon nanotubes, *Analytical and Bioanalytical Chem.*, 397, 1347–1353.
- Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: genesis, composition, reactions. *John Wiley and Sons*.
- Sun, Q., Liu, J. L., Huo L. F., Li, Y. C, Li X, ve Xia, L. R. (2020). Humic acids derived from Leonardite to improve enzymatic activities and bioavailability of nutrients in a calcareous soil. *Int J Agric & Biol Eng*, 2020; 13(3): 200–205.
- Tabatabai, M. A. (1982). Soil Enzymes. In: Methods of soil analysis part 2. *Chemical and Microbiological Properties- Second Edition* (Agronomy), pp, 903-943, Madison, Wisconsin USA.
- Tamer, N. ve Karaca, A. (2006). Gıdya ve Linyit Uygulamalarının Toprakta Bazı Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 14-22.
- Tamer, N. ve Namlı, A. (2018). Organik ve Organomineral Gübrelerin Toprağın Enzim Aktivitesi İle Buğday Verimi Üzerine Etkileri. *Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiri Kitabı*, s81-96, Editör: Prof. Dr. Engin Kınacı, I. Basım, Mayıs 2018, İstanbul, ISBN: 978-975-7169-89-5.
- Tan, H. K. ve Nopamombodi, V. (1979). Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays L.*) *Plant and Soil*. 51, (2), 283- 287.
- Tang, W. W., Zeng, G. M., Gong, J. L., Liang, J., Xu, P., Zhang, C. ve Huang, B. B. (2014). Impact of humic/fulvic acid on the removal of heavy metals from aqueous solutions using nanomaterials: a review. *Science of the total environment*, 468, 1014-1027.
- Tarakçioğlu, C., Özenç, D. B., Yılmaz, F. I., Kulaç, S. ve Aygün, S. (2019). Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(1), 107-117.

- Thi Lua, H. ve Böhme, M. (2001). Influence Of Humic Acid on The Growth of Tomato in Hydroponic Systems. *Acta Horticulture (ISHS)*, 548:451-458.
- Torun, S. (2015). Fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri ile domates bitkisinin gelişimi ve besin maddesi alımı üzerine etkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Türkiye.
- Turgay, O. C., Karaca, A., Unver, S. ve Tamer, N. (2011). Effects of coal-derived humic substance on some soil properties and bread wheat yield. *Communications in soil science and plant analysis*, 42(9), 1050-1070.
- Turgay, O. C., Tamer, N., Türkmen, C. ve Karaca, A. (2004). Gıda ve Ham Linyit Materyallerinin Toprağın Biyolojik Özelliklerine Etkisini Değerlendirmede Toprak Mikrobiyal Biyokütlesi. 3. *Ulusal Gübre Kongresi Bildiri Kitabı*, 1. Cilt, S; 827-836, Tokat.
- Turgut, B. ve Aksakal, E. L. (2010). Fiğ samanı ve ahır gübresi uygulamalarının toprak aşınım parametreleri üzerine etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1): 1-10.
- Türkmen, C. ve Sungur, A. (2014). Influence of Humic Acid on Availability of Zn, Cu, Mn, Fe in Soils. *Asian Journal of Chemistry*, 26(13), 3977.
- Türkmen, C., Müftüoğlu, N. M. ve Kavdır, Y. (2013). Change of some soil quality characteristics under different pasture reclamation methods of rangelands. *Tarım Bilimleri Dergisi, -J. Agric. Sci.*, 19: 245-255.
- Ulukan, H. (2008). Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield components in wheat (*Triticum spp.*) hybrids. *Int. J. Bot.*, 4(2), 164-175.
- Urdiales, B. V., Sanchez Yanez, J. M., Pena Cervantes, E. ve Fernandez, J. M. (1998). Effect of a combination of rhizobia/endomycorrhizae and humic acids on nitrogen and phosphorus absorption efficiency on winter wheat. I. growth response of wheat inoculated with rhizobacteria isolated from weeds. *Growth Response of Wheat Inoculated with Rhizobacteria Isolated from Weeds*.
- Uzunboy, N. ve Türkmen, C. (2018). Kentsel Arıtma Çamurunun Biyobozunur Plastikün Kütle Kaybına Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 275-280.
- Valdrighi, M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. ve Vallini, G. (1996). Effects of Compost-derived Humic Acids on Vegetable Biomass Production and

- Microbial Growth within a Plant (*Cichorium intybus*) Soil System: a Comparative Study. *Agriculture, Ecosystems And Environment*, 58, (2-3), 133-144.
- Van Loon, L. C. (1997). Induced Resistance in Plants and the Role of Pathogenesis Related Proteins. *European Journal of Plant Pathology*, 103(9): 753-765.
- Vuralın, A. ve Müftüoğlu, N. M. (2012). Farklı dozlarda uygulanan molibdenin bakla (*Vicia faba L.*) bitkisinin azot içeriğine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 53-62.
- Wang, Q., Zhou, Q., Huang, L., Fu, Y., Hou, D., Feng, Y. ve Yang, X. (2022). Cadmium phytoextraction through *Brassica juncea L.* under different consortia of plant growth-promoting bacteria from different ecological niches. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 237, 113541.
- Wollum, A. G. (1982). Cultural Methods for Soil Microorganisms. In: A.L. Page et al (Eds), *Methods of Soil Analysis 2 nd Edition, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, SSSA Book Series (9)*, Madison WI, USA, pp.781-802.
- Yakupoğlu, T., Şişman, A. Ö. ve Gündoğan, R. (2015). Toprakların agregat stabilitesi değerlerinin yapay sınır ağları ile tahminlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 83-92.
- Yıldırım, E. (2010). Tuzlu topraklarda katalaz enziminin aktivitesi ve kinetiği. *Yüksek Lisans Tezi (Master's thesis)*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Konya.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z. ve Öktüren, F. (2005). Toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(36), 78-86.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z. ve Öktüren, F. (2008). Farklı Organik Materyal Uygulamalarının Toprak Agregatları Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 213–222.
- Yılmaz, F. G., Harmankaya, M. ve Gezgın, S. (2012). Farklı demir bileşikleri ve TKİ-Humas uygulamalarının ıspanak bitkisinin demir alımı ve gelişimine etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi* (2012-1): 217-231.
- Yonebayashi, K., Okazaki, M., Pechayapisit, J., Vijarnsorn, P., Zahari, A. B. ve Kyuma, K. (1994). Distribution of heavy metals among different bonding forms in tropical peat soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40(3), 425-434.

- Zengin, M., Gökmen, F. ve Gezgin, S. (2010). Kimyasal Gübreler ve Hümik Asit Uygulamalarının Ispanakta Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu*. 28 Haziran-1 Temmuz 2010. Erzurum.
- Zhang, S., Chen, S., Fenton, O., Li, Y. ve Chen, Q. (2021). Enhanced topsoil P leaching in a short term flooded calcareous soil with combined straw and ammonium nitrogen incorporation. *Geoderma*, 402, 115322.
- Zhang, X., Ward, B. B. ve Sigman, D. M. (2020). Global nitrogen cycle: critical enzymes, organisms, and processes for nitrogen budgets and dynamics. *Chemical Reviews*, 120(12), 5308-5351.
- Zhou, L., Xu, S., Carlos, M. M., Neil, B. M., Zhao, B., Liu, J. ve Hao, G. (2022). Bentonite-humic acid improves soil organic carbon, microbial biomass, enzyme activities and grain quality in a sandy soil cropped to maize (*Zea mays* L.) in a semi-arid region. *J. Integr. Agric.* 2022, 21, 208–221.
- Zornoza, R., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., García-Orenes, F. ve Mataix-Beneyto, J. (2006). Assessing Air-Drying and Rewetting PreTreatment Effect on Some Soil Enzyme Activities Under Mediterranean Conditions. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(8), 2125–2134.